This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

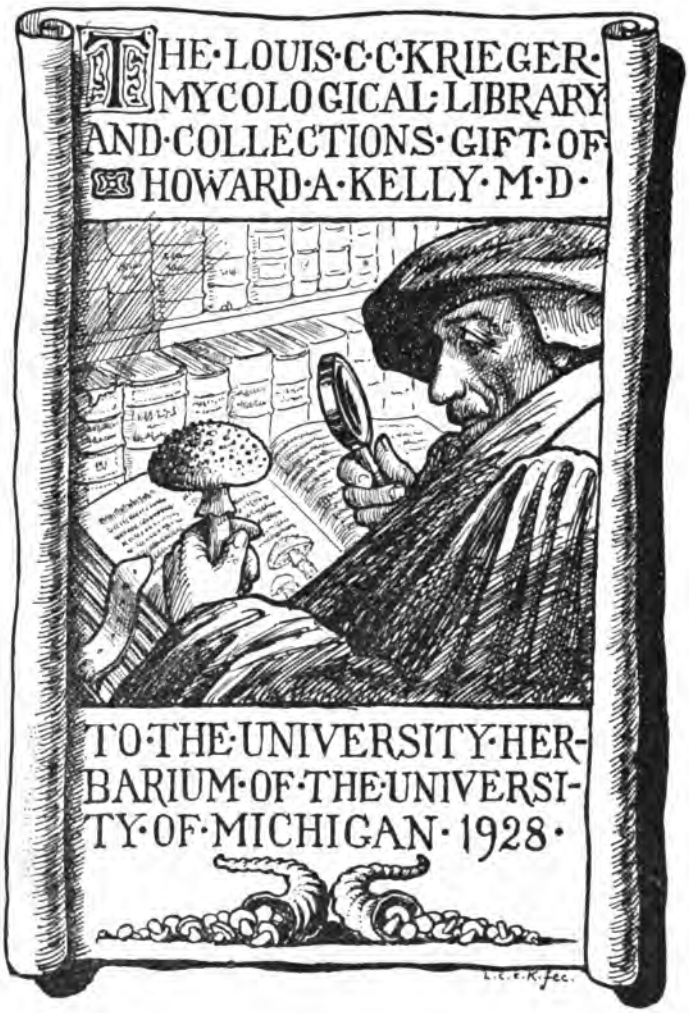
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

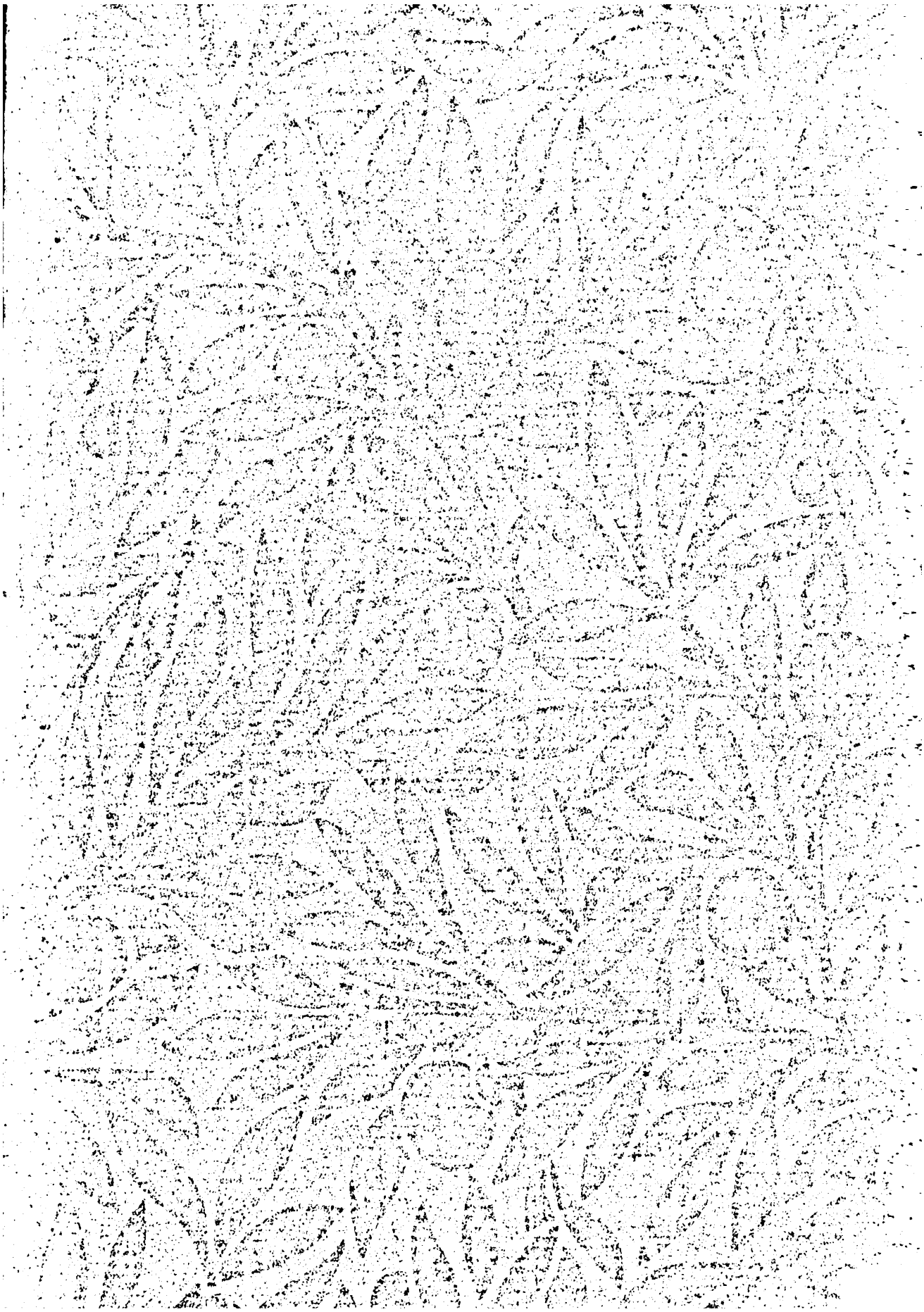
Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

B 1,374,765

FRANCÉ
DAS LEBEN DER PFLANZE


THE·LOUIS·C·C·KRIEGER·
MYCOLOGICAL·LIBRARY
AND·COLLECTIONS·GIFT·OF
HOWARD·A·KELLY·M·D·
TO·THE·UNIVERSITY·HER-
BARIUM·OF·THE·UNIVERSI-
TY·OF·MICHIGAN·1928·



MUSEUM
QK
711
.F815

Floristische Lebensbilder

(Zweite Abteilung des „Leben der Pflanze“)

Dem vorliegenden Bande, der die Naturgeschichte der Algen, Pilze (Flechten) und Moose enthält, schließen sich zwei weitere an, die eine

Monographische Darstellung aller wichtigsten einheimischen Gefäß-kryptogamen und Phanerogamen

bieten.

Die Schilderung der Lebensbilder erfolgt von folgenden Gesichtspunkten aus:

Systematische Gliederung — Verbreitung der Formen — Beschreibung der Formen, Darstellung des Baues und der Lebensweise — Blüten- und Fruchtbiologie — Besondere Lebenseigentümlichkeiten — Praktische Verwendung und Bedeutung der Formen für den Haushalt des Menschen — Kulturgeschichtliche Beziehungen — Bei Nutzpflanzen: Bedingungen der Kultur

Die „Kölnische Zeitung“ urteilt: (150 ähnliche wissenschaftliche und litterarische Urteile liegen vor.)

Von diesem großen und prächtig ausgestatteten Werke . . . . . Das schöne Buch ist allgemeinverständlich und doch gründlich, es ist daneben auch in höherem Sinne interessant, indem es dem Leser eine Welt von Vorgängen im Leben der Pflanzenwelt enthüllt, von der der Laie durchgängig gar keine Ahnung hat. Auch die vortreffliche Illustrierung durch farbige wie schwarze Tafeln und zahlreiche Holzschnitte verleiht dem Studium des Buches einen eigentümlichen Reiz.

„Das Leben der Pflanze“ ist in jeder Buchhandlung zur Ansicht erhältlich! Ausführliche Prospekte versendet kostenfrei der Verlag

Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde in Stuttgart

☞ Diesen Bestellzettel nimmt jede Sortimentsbuchhandlung entgegen. Wo der Bezug auf Schwierigkeiten stößt, wende man sich direkt an den **Kosmos**, Gesellschaft der Naturfreunde, Stuttgart, der für umgehende Zusendung sorgen wird.

Unterzeichneter bestellt bei der Buchhandlung von . . . . . aus dem Verlag des **Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde**

1 Francé, Das Leben der Pflanze

Band I und II, enthaltend das „Pflanzenleben Deutschlands“,
Band III/V, enthaltend „Floristische Lebensbilder“.
Preis jeden Bandes in Halbfranz geb. M 15.— = K 18.— ℏ ö. W.

(Die Bände können auch in Lieferungen a M 1.— oder gegen ratenweise Zahlung bezogen werden.)

Ort, Tag und Name: . . . . . .

(Nichtgewünschtes bitten zu durchstreichen.)

Francé, Das Leben der Pflanze

Band I—III liegen fertig vor. Einzelne Bände sind nicht käuflich, nur Band I—II, die enthalten:

Das Pflanzenleben Deutschlands :: und seiner Nachbarländer ::

(In sich abgeschlossen und kann deshalb **für sich allein** bestellt werden.)

Einteilung des Inhalts der ersten beiden Bände:

I. Band:

1. **Die Ursachen der Pflanzengestalten**
2. **Die Anpassungen an das Lebensganze**
3. **Die Flora Deutschlands und seiner Nachbarländer als Resultat ihrer Lebensverhältnisse**

II. Band:

1. **Das Leben der Ursubstanz** (a Das Leben der Zelle, b Der Bau der Zelle)
2. **Bau und Leben der Zellstaaten** (Wachstum, Festigung, Stoffwechsel, Nahrungsaufnahme, Atmung, Selbststeuerung, Sinnesorgane, Bewegungen, Innenleben, Fortpflanzung, Blüten- u. Fruchtbiologie ꝛc.)

Das Werk erscheint und ist zu beziehen:

in ca. 100	Lieferungen	zu je	ℳ 1.—	K 1.20	h ö. W.
in 16	Halbbänden	„ je	ℳ 6.50	K 7.80	h ö. W.
in 8	Halbfranzbänden	„ je	ℳ 15.—	K 18.—	h ö. W.

Die **zweibändige** dritte Abteilung wird enthalten eine

Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt

und eine Schilderung der wichtigsten **botanischen Industrien (z. B. der Gärungs-, Zucker-, Textil- und Stärkeindustrie)**, der botanischen Nahrungsmittelverfälschungen, der Heilkräuterkunde, aber auch die Grundlagen der

Gartenkunst und Blumenzucht, der Landwirtschaft und des Forstbetriebs.

Also eine **angewandte Botanik**, wie sie noch nicht existiert.

Im letzten Bande gibt dann der Verfasser die erste populäre

Botanik der Tropenpflanzen.

Jeder Band ist den modernen Erfordernissen gemäß **reich illustriert durch Farbentafeln, Karten und zahlreiche Textabbildungen**, zum Teil Reproduktionen berühmter Gemälde erster Meister, so daß das Werk zugleich **einen kostbaren und einzig dastehenden Atlas der Blumen- und Landschaftsmalerei sowie kunstgewerblicher Motive** umfassen wird.

Francés wissenschaftliche Bedeutung und seine Darstellungskunst, der es gelingt, auch die schwierigsten botanischen Kapitel zu einer dem Verständnis weiter Kreise angepaßten genußreichen Lektüre zu machen, sind zur Genüge bekannt.

R. H. Francé

Das Leben der Pflanze

III. Band.

R. H. Francé

Das Leben der Pflanze

Mit zahlreichen Abbildungen im Text, Faksimiles, Karten und Tafeln in Schwarz- und Farbendruck.

II. Abteilung:

Floristische Lebensbilder

Band I.

Stuttgart
Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde
Geschäftsstelle: Franckh'sche Verlagshandlung
1908.

Floristische Lebensbilder

von

R. B. Francé.

Band I.

Mit ca. 200 Abbildungen im Text, 10 farbigen und 17 schwarzen Tafeln
nach Zeichnungen und Aquarellen von Prof. J. Diemer, R. B. Francé, Joh. Ifeli
und R. Oeffinger, sowie nach Photographien von B. Dopfer, G. Bausmann,
Universitätslektor B. Binterberger, Frl. A. Mayer, Dr. B. Paul, M. Rawa,
Oberlehrer G. E. F. Schulz, E. Thum und Prof. Dr. O. Zacharias.

Stuttgart
Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde
Geschäftsstelle: Franckh'sche Verlagshandlung
1908.

Alle Rechte vorbehalten.

Druck von Carl Ulshöfer, Stuttgart.

Museum Library
APR 28 1937

Inhalts-Verzeichnis.

	Seite
Bilderverzeichnis	VI
Einleitung	VII

Naturgeschichte der Algen und Pilze.

	Seite
Einleitung	3
Ein Blick auf die Gesamtheit der im Wasser lebenden Urgewächse	10
Die Lebensgeschichte der Geißelzellen (Flagellaten)	46
Die Spaltpilze	104
Die Spaltalgen	144
Die Kieselalgen	161
Die Jochalgen (Konjugaten)	191
Die Grünalgen (Chlorophyzeen)	222
Die Braun- und Rottange	291
Die Pilze	312
Das Leben der Pilze	315
Die Pilze der biologischen Technik	357
Die eßbaren und giftigen Pilze	372
Die Pilze der Pflanzenkrankheiten	386
Die Flechten	440

Naturgeschichte der Moose.

	Seite
Die Moose	471
Allgemeine Hilfsmittel des Studiums der Lagerpflanzen und Moose	517
Register	519

Bilder-Verzeichnis.

Farbendrucktafeln.

	Seite
Bakterienkolonien auf Nährgelatineplatten gewachsen	117
Der Wurzelbrand der Zuckerrübe (Bacteriosis)	142
Schönheitsformen der Desmidiazeen	196
Häufigere Tange der europäischen Meere I	294
Häufigere Tange der europäischen Meere II	309
Pilztafel des Reichsgesundheitsamtes	373
Die Rosttrankheit des Getreides	392
Rübenschorf, Herzfäule und Wurzelbrand (Phoma Betae)	411
Die Krankheiten des Weinstockes	423
Der Aufbau der Laubmoose	479

Schwarze Tafeln.

	Seite
Mikroskopische Grundformen der Natur	23
Geißelzellen (Flagellaten)	68
Das Leuchten des Meeres	101
Berühmte Bakteriologen	124
Bau und Vermehrung der Kieselalgen	168
Berühmte Algenforscher	248
Schleimpilze (Myxomyzeten)	321
Berühmte Pilzforscher	334
Insektenbewohnende Pilze	339
Die Lebensformen eines Kernpilzes (Hyphomyces)	342
Fruchtkörper und Sporen von Pilzen	348
Die Rußtaukrankheit der Pappeln	414
Kunstformen der Flechten	443
Flechten im Walde	443
Berühmte Flechtenforscher	453
Berühmte Moosforscher	485
Vermehrung und Fortpflanzung der Laubmoose	492

Einleitung.

(Eine Vorrede an den Kritiker.)

— — —

Der Erfolg, welcher den beiden ersten Bänden dieses Werkes beschieden war, legte mir die Pflicht auf, meine Aufgabe noch weiter und gewissenhafter zu fassen. Es ist damit die ungeheure Schwierigkeit entstanden, zu gleicher Zeit einen breiten Leserkreis in die Elemente der Pflanzenkunde einzuführen, aber auch die Wissenschaft mit demselben Werke zu fördern, indem darin ihr Tatsachenmaterial von dem neuen Gesichtspunkt aus bewertet wird, zu dem die Botanik in den letzten Jahren vorgeschritten ist. Bildung, Schule, die Studentenschaft, die Pflanzenfreunde und zahlreiche Forscher legen ihren Maßstab an das Fortschreiten dieses Unternehmens und spornen dadurch seinen Autor zur äußersten Anspannung seiner Kräfte an.

Man erlaube ihm, als Einleitung hier Rechenschaft abzulegen, in welcher Weise er nach bestem Können das in ihn gesetzte Vertrauen zu rechtfertigen suchte.

Im vorliegenden Bande wurden neben bloßer Bildungslektüre und Naturschilderungen auch Lesestücke geboten, die dem Lehrer willkommen sein können; es wurde getrachtet, in jeden Kreis systematischer Betrachtung der Pflanzenformen gerade die neueren Kenntnisse einzuflechten, welche dem Lehrer niederer und höherer Schulen zur Fortbildung dienlich sind. Da der durch den Plan des Werkes für dessen dritten Band vorgeschriebene Gegenstand (Algen, Bakterien, Pilze, Flechten, Moose) tief in das Arbeitsgebiet des Mikrologen eingreift, wurde überall, wo es angängig war, danach getrachtet, Winke zu erteilen, die in jener Richtung Nutzen stiften können.

Soweit war das Programm des populären Teiles vorgezeichnet.

Man hat aber dieses Buch auch mit dem Maßstabe eines wissenschaftlichen Werkes beurteilt, und der Verfasser ist stolz darauf und froh darüber, denn das wollte das Werk auch von seinem zweiten Bande an erreichen. Es hat zahlreiche Schüler herangezogen, die aus ihm Rat holen wollen für die neuen Gesichtspunkte einer vergleichend biologisch arbeitenden Botanik, als deren Eröffnungswerk man es bezeichnet hat. Mit zahlreichen Hinweisen und Gegenüberstellungen alter und neuer Betrachtungsweise suchte es diesen Wunsch zu erfüllen. Und schließlich sind auch zahlreiche Angaben, theoretisch und empirisch „Neues“ in das Buch verwoben.

Ich habe getrachtet, noch mehr als bisher auf die Quellen zurückzugehen; und welche Arbeitslast angedeutet ist, wenn ich sage, es seien in diesem Band über 100 neuere Facharbeiten über den Gegenstand verarbeitet, das vermag nur jener ganz zu ermessen, der sich schon einmal an solch einer zusammenfassenden Darstellung versuchte.

Und wenn ich bitte, mir etwas an diesem Bande als wissenschaftliches Verdienst anzurechnen und kritisch zu prüfen, so ist es vor allem das Unternehmen, die alten und neuen empirischen Befunde der Algologie, der Pilz- und Flechtenkunde und der Bryologie unter dem neuen Gesichtspunkt einer vergleichenden Pflanzenpsychologie (wie ich sie in Bd. II und in meiner Abhandlung: Grundriß einer Pflanzenpsychologie [Zeitschr. für den Ausbau der Entwicklungslehre] formulierte) zu werten.

Gemäß diesem Programm bitte ich, nur als Lesestücke aufzufassen und zu beurteilen den Abschnitt: Blick auf die Gesamtheit der im Wasser lebenden Urgewächse (der inzwischen auch als Sonderdruck unter dem Titel: Der Bildungswert der Kleinwelt erschienen ist), ferner die Abschnitte: Die Spaltpilze, die Braun- und Rottange, die Pilze der biologischen Technik, die eßbaren und giftigen Pilze, die Darstellung der Rost- und Brandkrankheiten (S. 391 u. ff.), der Weinstockkrankheiten (S. 420—427), ebenso der Bedeutung der Flechten für Natur und Mensch (S. 458 u. ff.) und der Moose als Walderhalter und Bildner der Moore (S. 504 u. ff.).

Zur wissenschaftlichen Fortbildung der Lehrer sind namentlich bestimmt (außer dem hydrobiologischen und Spaltpilzkapitel) der Abschnitt über die Grünalgen, die Biologie der Pilze, die Schilderung der Pflanzenkrankheiten, der Flechten und Moose. Als Anleitung für mikrologische Arbeiten sind ausgeführt die Kapitel der Flagellaten, Spaltalgen, Kieselalgen, Jochalgen und Grünalgen und der Schlußabsatz über allgemeine Winke.

Der Fachgelehrte findet in dem Band eine kritische Darstellung und Verwertung von neueren Arbeiten folgender 87 Autoren: Appel, Benecke, Bernard, Birger, Bonnevie, Borzi, Brefeld, Brotherus, Bryhn, Calcar, Chodat, Correns, Dunbar, Entz jun. und sen., Eriksson, Falck, Famincyn, Fisch, F., Fulton, Gaidukow, Gerassimow, Goebel, Golenkin, Haberlandt, Hahn, Herzog, Hieronymus, Hinterberger, F., Hueppe, Jäger, G., Jennings, Kammerling, Karsten, G., Kienitz-Gerloff, Kirchner, O., Klebahn, Klebs, Kolkwitz, Krüger, W., Kuckuck, M., Kuckuck, P., Kunstler, Lagerheim, Lauterborn, Linhart, G., Loeske, Ludwig, F., Lütkemüller, Migula, Mincks, Molisch, Müller, K., Müller, O., Münden, Naumann, A., Nêmec, Oltmanns, Oettli, Paul, H., Péterfi, Raikow, Reinke, J., Richter, O., Richter, P., Rignano, Römer, J., Rothert, Schottelius, Schütt, Solla, Sorauer, Stolz, Strasburger, Szurák, Vaizey, Waxweiler, Wehmer, C., Wiesner, Will, H., Winogradsky, Wittrock, Zacharias, O., Zahlbruckner, Zederbauer, Zukal, Zumstein.

Im engeren wurde für den Wissenschaftler außerdem geboten der Versuch einer Biologie der Flagellaten, einer biologischen Theorie der Pflanzenkrankheiten (S. 389, 403 u. a.), ein Versuch der Darstellung einer Physiologie der Flechten und der Prodromus einer zur Zeit noch fehlenden Biologie der Moose.

Neue Angaben und eigene Untersuchungsresultate wurden beigebracht über folgende Gegenstände: Nahrungswahl von Kollodiktyon (S. 64), Bau von Euglena (68), Bau und Funktion des Stigmas der Algen (75, 252), Bau von Bikosöka (87), Bau von Cryptomonas (94), Tastbewegungen von Peranema (97), Peridineenflora der Adria (101), Farbstoffbildung von Mikrokokkus (112), Versuche mit Nitragin und Alinit (135), Bakteriose der Rüben (142), floristische Angaben über Wasserblüten

(155 u. ff.), Wabenbau von Oszillaria (148), Thermalflora (Zyanophyzeen 146, Diatomeen 165), Ursprung von Chlorella (236), Kopulation von Chlorogonium (253), Reizverwertungen von Polytoma (259), Reizverwertung bei Chlorangium (261), Bikoſöca Entzii n. ſp. (Bild Tafel: Geißelzellen), Unterſuchungen zur Mykoplasmahypotheſe (398), regulative Anpaſſungen des Flechtenthallus (451 u. ff. — Bau der Charaſpermatozoiden (287), Bau der Elateren von Marchantia, neue Fundorte von Schiſtoſtega (497). Außerdem wurden über 100 großenteils mikroſkopiſche Abbildungen nach der Natur beigebracht.

Zum Ausbau der pflanzenpſychologiſchen Hypotheſe finden ſich u. a. eine kritiſche Darſtellung der Reizverwertungen von Desmidiazeen (S. 206—209, 218), eine Kritik des „mechaniſtiſchen" Lamarckismus (218), eine Darſtellung von Reizverwertungen der Pilze (325) und Beiträge auf S. 80, 252, 259, 261, 280, 353 uſw.

Ich bitte meine Buchrichter, dieſen verſchiedenen Zwecken gerecht zu werden und Leſeſtücke nicht mit dem Maßſtab von Fachangaben zu meſſen, das rein Fachliche aber nicht als populäre Literatur zu bewerten.

* * *

Wie bei den bisherigen Bänden, habe ich mich auch diesmal bei zahlreichen Freunden meines Werkes und Fachgenoſſen zu bedanken für die Förderung, die ſie dem Werke angedeihen ließen. Namentlich bei den Herren Prof. Dr. Fr. Darwin in Cambridge, Regierungsbaumeiſter Eißner in Tſingtau, Prof. Dr. Eriksſon in Stockholm, Gärtner Grunewald in Zoſſen, Univerſitätslektor H. Hinterberger in Wien, Fräulein A. Mayer in Wien, Herrn Prof. Dr. M. Moebius in Frankfurt a. M., Herrn Prof. Dr. H. Moliſch in Prag, Herrn Moorkulturanſtaltsaſſ. Dr. H. Paul in Bernau, Herrn Prof. J. Römer in Kronſtadt, Herrn Prof. Dr. O. Schmeil in Wiesbaden, Herrn Oberlehrer G. E. F. Schulz in Friedenau, Herrn Prof. Dr. O. Zacharias in Plön und bei dem Inſtitut für Gärungsgewerbe in Berlin, für die Bereitwilligkeit, mit der ſie mich mit Ratſchlägen, Bildern und Material unterſtützten.

München, im Herbſt 1908.

R. H. Francé.

Naturgeſchichte der Algen und Pilze.

Faksimile nach Rösel von Rosenhofs Werk „Die natürliche Historie der Frösche hiesigen Landes". Nürnberg 1758.

Einleitung.

In diesem Bande soll eine schlichte und klare Naturgeschichte der sog. niederen Pflanzen geboten werden als Versuch, auch in der Pflanzenkunde das zu schaffen, was Brehm mit so viel Glück in der Tierkunde gab. Das viel mißbrauchte Wort vom „tiefempfundenen Bedürfnis" besteht hier wirklich einmal zurecht. Das wird mir jeder Pflanzenliebhaber, noch eifriger aber jeder Lehrer bezeugen. Denn was gibt es an wissenschaftlicher und an volkstümlicher Botanik zur Befriedigung dieses Bedürfnisses? Eine große Anzahl der wertvollsten Werke, aber nicht das, was man braucht. Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Botanik, wie sie Cohns „Pflanze" oder Roßmäßlers Schriften bieten, Physiologien und morphologische Darstellungen nach Art des Kernerschen Pflanzenlebens, der älteren Schleidenschen Schrift oder der hübschen Zusammenfassung von Engel und Schlenker. Oder es ist Systematik, wie die wissenschaftlichen Kompendien, die unter dem Namen Rabenhorst und Engler-Prantl („die natürlichen Pflanzenfamilien") gehen, oder wie Schumann-Gilgs Werk über das Pflanzenreich, oder die prächtigen Bestimmungsbücher von Prof. Migula und aus dem Kosmos-Verlag.

Sie alle brauchen eine Ergänzung im Brehmschen Geiste, und ich will versuchen, in diese Lücke einzutreten und eine Lebensgeschichte der „Kryptogamen" zu geben, in der nicht nur Freude erweckt wird an der unermeßlichen Formenpracht dieser lebenden Kunstwerke und damit vertiefte Naturliebe, sondern auch Kenntnisse vermittelt werden über ihre Formenvielheit und ihre merkwürdige Lebensweise, damit der Bildung in Schule, Leben und Praxis neue Welten erschlossen werden durch den Einblick in die außergewöhnliche Bedeutung der verachteten, niederen Gewächse für die Natur und den Menschen.

Also ein erzählendes, nicht nach Problemen und Welträtseln jagendes, sondern ein rein naturgeschichtliches, höchstens noch kulturhistorisches Werk ist es, das ich hier versprechen will und mit gutem Gewissen schon deshalb versprechen kann, weil ich in der ersten Abteilung meines Werkes (der theoretischen Botanik) ohnedies alles das sagte, was mir eigenes Denken und zeitgenössische Naturphilosophie vom „Wesen der Pflanze" zu erkennen erlaubten. Nun muß ich anderen, ebenso berechtigten Bedürfnissen entgegenkommen.

Ich denke mir als Leserkreis vor allem die Freunde mikroskopischer Augen- und Gemütsergötzung, die Liebhaber der Kieselalgen und Desmidien, der Flechten, der Moose, denen an „Kunstformen der Natur" und dem Leben im Wasser und Waldgrund neue Bildungs- und Gemütswerte aufgeschlossen werden sollen.

Ich denke mir als Leser den Studenten und den Lehrer der Volks- und Mittelschule, dem die Lebensgeschichte der niederen Pflanzen gar manches zu geben hat. Belebendes Unterichtsmaterial, um in die jungen Herzen Achtung und Liebe der schaffenden Natur einzupflanzen, Belehrung über die neuere Technik mikroskopischer Naturerschließung, einen Umriß der „Hydrobiologie" als ein prächtiges Reformmittel anschaulichen biologischen Unterrichtes, ein zureichendes Lebensbild sowohl der Bakterien als der so wichtigen und sonst ganz vernachlässigten „technischen Pilze" und Pflanzenkrankheiten, eine praktische, mit den Erfordernissen des Lebens rechnende Pilzkunde.

Und nicht zuletzt denke ich mir als Leser den Arzt, den gebildeten Landwirt und Gärtner, dem Verständnis für die Bedeutung der Bakterien, bezw. auch der Pflanzenkrankheiten zum „täglichen Brot" des Geistes gehören.

Ihnen bietet sich dieser Band als Führer an. Dementsprechend wird er von dem Innenleben der Pflanzen nur so viel vortragen, als nötig ist zum Verständnis von Form, Lebensweise und Bedeutung — er wird aber besonders das Anziehende der Erscheinung und Lebensweise beleuchten, sowie die Bedeutung für den Haushalt der Natur und des Menschen.

Viel ist damit versprochen. Was habe ich in die andere Wagschale zu werfen, um nicht zu leicht befunden zu werden? Daß ich Algen, Pilze, Pflanzenkrankheiten und Moose durch mehr denn 10jähriges Studium in wissenschaftlicher und angewandter Botanik mit Hingabe beobachtet habe und dadurch vielleicht Kraft gewann zur Anschaulichkeit nebst jener Liebe und Verehrung für das Große und Schöne im Kleinen und Unscheinbaren, die man haben muß, um einen Widerschein davon in die Herzen der anderen zu werfen.

Bevor ich jedoch zur systematischen Naturgeschichte der Kryptogamen übergehen kann, müssen wir uns über einige Vorbegriffe der Systematik einigen. Vor allem darüber — daß es ohne System nicht geht. Denn wer irgend eine Summe von Erfahrungen überblicken will, gerät in Verwirrung, wenn er in der Vielheit nicht die in gewissen Punkten übereinstimmenden Begriffe zu Gruppen einigt und dadurch die Zahl mindert. Kurz gesagt, wenn er nicht ein vereinfachendes Schema entwirft, einen Begriffskasten mit Schubladen, an denen er des Registrierens Künste üben kann.

Das merkten auch die aus den Lateinschulen und Universitäten hervorgegangenen doctores und magistri des 16. und 17. Jahrhunderts, welche die neuere Botanik be-

gründeten, gar bald. Wohlgeschult in solch geistiger Ordnungsarbeit durch die scholastische Art des Denkens, die man auf den unter strenger theologischer Aufsicht stehenden Universitäten ausschließlich duldete, entwarfen sie als „Botanik" gar bald Systeme und Begriffszettelkästen, daß der Inhalt der Begriffe vor deren Ordnung völlig zurücktrat. Um dieselbe Zeit, da der deutsche Bürger in seinen Reichs- und Hansestädten die schönsten Blüten hegte, die unserer völkischen Betätigung noch je beschieden waren, um die Zeit, da Dürer und Holbein malten, Veit Stoß und Adam Krafft, Syrlin und Riemenschneider schnitzten und meißelten, da Nürnberger Witz, Augsburger Pracht, Ulmer Geschütz sprichwörtlich waren, und Lübecker, Bremer und Danziger Schiffe in allen Häfen lagen, da Luther, Karlstadt und Zwingli reformierten und Hutten seine lodernden Geistesfackeln über das deutsche Land warf, da haben freilich — zur Ehre des deutschen Namens sei es gesagt — auch die scholastischen doctores, ein Leonhard Fuchs, Hieronymus Bock, ein Brunfels und andere „Väter der Botanik" den aus gesundem Volksempfinden erkannten natürlichen Weg der Naturerkenntnis beschritten. Dem Teufel der Spitzfindigkeit überließen sie die Systeme und taten dafür dasjenige, was damals nötig war: sie schrieben in prächtigen Bildern und „mit Fleiß" die Natur ab und trachteten nach dem Wesen der Dinge.

Aber es gab auch in der Botanik eine Gegenreformation, die zur Scholastik, zur Begriffstüftelei, zum wesenlosen Kram, zur „rabies theologorum" zurückführte — und das war die Blütezeit der Systeme.

Der größte der Systematiker, der uns durch die Schule schon so teuer gewordene Carolus Linnaeus*, wie er sich nach Scholastenart selbst am liebsten nannte, hat es dann glücklich so weit gebracht, daß er mit seiner gar nicht groß genug zu schätzenden „Autorität" etwa folgende Grundbegriffe vom Wesen der Botanik in allen Schulen und gelehrten Hirnen heimisch machte: Die wichtigste und wissenschaftlichste Betätigung für einen Botaniker ist die Systematik. Wer die größte Zahl von Pflanzen mit lateinischen Namen zu benennen weiß, ist der größte Botaniker. Wer aber sich für den Bau und vor allem, wer sich für die Lebensweise der Pflanze interessiert, ist schon nicht mehr „erstklassiger Mensch", kein Gelehrter, sondern nur noch ein Botanophile, ein Pflanzenfreund. Im „System" der Pflanzenfreunde gab es dann bescheidene Unterklassen für die Medici, Hortulani (das sind Gärtner) und Microscopici, das sind die Vertreter so etwa der ganzen modernen Wissenschaft.

Es war also solcher Gegenreformation mit vielem Glück gelungen, der Wissenschaft vom Leben alle gefährlichen Beißzähne zu nehmen und sie zu einem nicht sehr scharfsinnigen, jedenfalls aber völlig harmlosen Spiel mit Herbarexemplaren und Namen herabzudrücken. Sie war so immerhin noch interessant und ließ dem persönlichen Ehrgeiz weiten Spielraum, weil man erstens große Herbarien machen kann, weil es zweitens auch viele Namen gibt, und zuletzt, aber nicht zumindest, weil seit Linné bei jedem Pflanzennamen auch ein Botanikername steht. Man hat mit traurigem Lächeln gesagt: Von da ab konnte jeder Botaniker werden, der über Zeit zum Pflanzenausgraben, über Gedächtnis oder einen guten Zettelkatalog, über viel Löschpapier, saubere Etiketten und ein Linnésches System zum Ordnen der Etiketten verfügte.

---

* Karl v. Linné (1707—1778).

Der Spaß, daß dies als Naturwissenschaft galt, war für das arme, in tausend Nöten ringende und in einem Meer von Vorurteilen und geistigen Gesundheitsschädigungen ertrinkende Menschengeschlecht insofern blutiger Ernst, als dadurch bis zum ersten Drittel des 19. Jahrhunderts jeder Fortschritt in der wirklichen Lebenserkenntnis, die doch für lebende Wesen das Wichtigste sein sollte, gehemmt war. Bis vor 10 Jahren wurde dadurch allen Menschen in der Schule die Freude an der Natur vergällt, ihr Blick für das Wesentliche getrübt, ihr Verstand erdrückt und in seinen besten Fähigkeiten gemindert. Lastet doch noch heute die aus dieser Unkenntnis und diesem Unverständnis entstandene Verkennung des enormen Bildungs- und Lebenswertes der biologischen Wissenschaft schwer auf unserer Schule und Bildung, auf allen Einrichtungen des Menschenlebens; sie macht tausend öffentliche und geheime Dummheiten möglich, die uns allen Verdruß bereiten und Schaden zufügen — als Patengeschenk, das der Scholastendämon der neugeborenen Kultur in die Wiege legte.

Und deshalb, wenn noch heute mancher kommt, der da ruft: Zurück zu Linné und zur „bloß beschreibenden" Wissenschaft — dem soll man die ihm gebührende derbe Antwort nicht schuldig bleiben. . . . . .

Doch, wo Schatten, da ist auch Licht. Ein Schubladenkasten ist ein nützliches Möbelstück, und das Linnésche System ist sehr praktisch.

Wir leben heute in einem Zeitalter der Linné-Unterschätzung und tun dem armen Upsalaer Professor bitter unrecht damit. Denn er war ein sehr scharfäugiger Naturbeobachter und hatte in bewunderungswürdigem Maße die Gabe, die bündigsten und schärfsten Kennzeichnungen von Pflanzen und Pflanzenorganen mit ein paar Worten zu geben. Die Nomenklatur, die er einführte, ist noch heute für das Sichten und Ordnen der schon zu seiner Zeit fast zehntausend betragenden Pflanzenarten unentbehrlich. Das sind sehr schätzbare Eigenschaften, und es ist menschlich wohlverständlich, warum er seinen Zeitgenossen ungeheuer imponierte — ebenso wie es auch verständlich ist, warum ihm die geistlichen und weltlichen Machthaber seiner Zeit einmal ausnahmsweise kein Hindernis in den Weg legten.

Von unübertrefflicher Klarheit ist das sog. Sexualsystem, das er ersann; die geschichtliche Wahrheit fordert jedoch den einschränkenden Zusatz, daß er es dem Tübinger Arzt und Botaniker Rudolph Jakob Camerer (Camerarius*) entlehnt hat, der zuerst (1694) die Geschlechtlichkeit der Gewächse erkannte. Man beachtet dabei einfach nur Zahl und Stellung der Geschlechtsorgane und erhält dadurch 23 Klassen, in denen sich leicht alle bekannten Pflanzen mit Blüten unterbringen lassen. Aber der brauchbare Schubladenkasten hat, trotzdem er so praktisch erscheint, doch einige wesentliche Mängel. Vor allem ist zuunterst ein 24. Fach, genannt „Cryptogamia". Und in das muß man, gering gerechnet, fast die Hälfte sämtlicher bekannten Pflanzenarten werfen und hat so darin ein heilloses Chaos, das nach einem neuen Linné ruft. Denn wenn man die Zahl der Phanerogamen auf etwa 130000 berechnet hat, so muß

* Das Geschlecht der Camerer ist ein eigentümliches Beispiel von „Vererbung erworbener Eigenschaften", denn seit jenem berühmten Vorfahren bis heute liefert es ununterbrochen hervorragende Mediziner und Naturphilosophen.

man für Algen, Pilze, Flechten und Mooſe ſicher eher mehr als weniger denn 100 000 Arten rechnen. Und die ſind bei Linné alle Cryptogamia.

Zweitens iſt das Sexualſyſtem ein willkürliches Schema. Die Pflanzen ſind nicht nach Organiſationsmerkmalen allein eingeteilt, ſondern auch nach Anpaſſungen, die bei jeder Art nur eine Antwort auf die Lebenslage, alſo variabel ſind. Sein Artbegriff iſt unnatürlich, ſchwankend und darum nichtsſagend. Und was das Wichtigſte iſt: das große Lebensgeheimnis, das allen Formen erſt Sinn und Bedeutung verleiht, hat in dem Linnéſchen Schematismus keinen Ausdruck gefunden. Daß die Pflanzenformen nicht nebeneinander, ſondern durcheinander da ſind — davon wußten die Linnéiſten nichts. Und doch iſt es ſo. Aus einfacheren wurden auf dem Wege der Anpaſſungen kompliziertere, die man deshalb die höheren nennt. Dadurch hängen ſie in natürlicher Weiſe alle zuſammen, und wer ihre Natur genau kennt, kann daraus auch genau feſtſtellen, wie dieſer Weg der Entwicklung verlaufen iſt. Und damit wäre eine naturgemäße Reihe, eine natürliche Gliederung, ein natürliches Syſtem gefunden, das kein bedeutungsloſer Schematismus iſt wie das Linnéſche, ſondern ein Dokument der Weltgeſchichte, auf dem der Werdegang des Pflanzenlebens verzeichnet iſt.

So wirft auf einmal die Weltanſchauung ihre Strahlen befruchtend und Leben anregend in den verſtaubten Winkel der Regiſtratur. Ein hübſches kleines Beiſpiel für den Wert der Weltanſchauung in der Wiſſenſchaft! Sie iſt eben die Zentralſonne, um die ſich alles dreht. Das ſieht man an dem Prieſterzögling, der nicht dem Verſtande, ſondern den „Autoritäten“ folgt und der daher dekretiert: die Welt iſt unveränderlich. Dann kann ihm Wiſſenſchaft freilich nichts anderes ſein als die Aufgabe: das Inventar der vorhandenen, der „geſchaffenen“ Dinge aufzunehmen. Und ſo macht er aus ſeinem großen Verſtand einen Zettelkatalog. Das iſt der Fall Linné.

Und auf der anderen Seite ſteht der „vorausſetzungsloſe“ Denker, der nichts anderem folgt als ſeiner Einſicht. Der hat nach dem erſten Blick auf die Welt herausgefunden: ſie iſt nicht unveränderlich! Sondern alles fließt. Und damit beladet er ſich mit der zwar unendlich ſchwierigeren, aber auch um ſo lohnenderen und für das Menſchengeſchlecht förderlicheren Aufgabe: die Geſetze dieſes Fluſſes, die Geſetze des Lebens aufzudecken. Dadurch aber wird für ihn ſogar die ödeſte Arbeit: die Herſtellung einer Einteilung der Pflanzenformen zum lebendigen und vielſagenden Genuß. Er erbaut mit dem natürlichen Syſtem den Stammbaum der Pflanzenwelt, indem er alle erkannten Lebensgeſetze zuſammennimmt, um aus ihnen zu erſchließen, wie es kam, daß aus der einzelligen Alge das herrliche Kunſtwerk einer fein organiſierten Blume wurde. In dieſer Arbeit ſtehen wir heute, und indem wir uns das zum Bewußtſein bringen, iſt es ohne weiteres erklärt, warum die Wiſſenſchaft das Linnéſche Syſtem ein für allemal verlaſſen hat, warum uns Linné die Verkörperung einer naturfremden, mittelalterlichen Geiſtesrichtung iſt, und warum es höchſte Zeit war, daß unſere Schule dieſem traurigen und unfruchtbaren Geiſte endlich einmal entfloh. Wir halten heute beim natürlichen Syſtem.

Es iſt hier nicht der Ort, um es zu begründen, ſondern um es anzuwenden. Und zwar auf die Einteilung der Linnéſchen Kryptogamen, mit denen ſich dieſer Band beſchäftigt.

Denn da sich die Berechtigung und das Beweismaterial dieses Systems erst dann verstehen läßt, wenn man die Naturgeschichte der Pflanzen inne hat, weil es ja aus ihr abgeleitet ist, wäre es unfruchtbar, es jetzt dem Verständnis nahe rücken zu wollen. Wohl aber wird sich die natürliche Gelegenheit dazu finden, wenn die „Naturkunde" der Pflanzenwelt erzählt ist. Dann wird in der Geschichte der Pflanze auch mit gehörigen Vorkenntnissen die Geschichte des natürlichen Systems pragmatisch dargestellt werden können.

Hier wollen wir uns des Systems nur im Linnéschen Sinne bedienen: als praktische Einteilung, um den Stoff zu gliedern und die Übersicht zu erleichtern. Da aber die Wissenschaft unserer Tage nicht nur das Linnésche Schema, sondern auch die Reformversuche seiner Nachfahrer Jussieu, de Candolle u. a. endgültig verlassen hat, die ohnedies für die niederen Pflanzen gar nicht brauchbar wären, greifen wir zu dem sog. natürlichen System, wie es vorzugsweise der Berliner Botaniker A. Engler ausgebaut hat, und das zum Zweck vorläufiger Orientierung hierhergesetzt sein mag.

Engler gliedert die Pflanzenwelt in 12 Abteilungen, als da sind:

Abteilung I. Myxothallophyta. Chlorophyllfreie Wesen mit Plasmodium-Vegetationskörper und nur ungeschlechtlicher Fortpflanzung. [Früher gemeinhin Schleimtiere genannt].

Abteilung II. Schizophyta (Spaltpflanzen). Einzellige Wesen ohne normale Zellkerne mit nur ungeschlechtlicher Fortpflanzung. [Hierher gehören die Spaltpilze und eigentlichen Spaltpflanzen.]

Abteilung III. Flagellatae (Geißelwesen). Einzellige Wesen mit normalen Zellkernen und nur ungeschlechtlicher Vermehrung.

Abteilung IV. Dinoflagellatae, einzellige Wesen mit Zellulosemembran. [Von uns wegen ihrer Übereinstimmung mit den Flagellaten auch mit diesen gemeinsam behandelt.]

Abteilung V. Zygophyceae (Jochpflanzen). Ein- oder mehrzellige Wesen mit Chlorophyll und einfachster geschlechtlicher Fortpflanzung durch Vereinigung zweier ruhender Zellen (Aplanogameten). [Kieselalgen, Wasserfäden.]

Abteilung VI. Chlorophyceae (Grünalgen). Ein- bis mehrzellige Wesen mit Chlorophyll und geschlechtlicher Fortpflanzung durch Vereinigung von (wenigstens einer) bewegten Zellen.

Abteilung VII. Charales. Vielzellige Wesen mit Chlorophyll und Oogamie (Armleuchtergewächse).

Abteilung VIII. Phaeophyceae (Brauntange). Vielzellige Pflanzen mit braunen Assimilationsorganen [Phaeoplasten].

Abteilung IX. Rhodophyceae (Rottange). Vielzellige Pflanzen mit roten Assimilationsorganen.

Abteilung X. Fungi (Pilze). Ein- bis vielzellige Wesen, stets chlorophyllfrei, mit ungeschlechtlicher und stark reduzierter geschlechtlicher Fortpflanzung.

Abteilung XI. Archegoniatae (Moose und Farne). Vielzellige Pflanzen mit Chlorophyll und meist höherer Gliederung und Generationswechsel, deren Generationen unmittelbar auseinander hervorgehen, und von denen die ungeschlechtliche Sporen erzeugt, die geschlechtliche Archegonien und Antheridien.

Abteilung XII. Phanerogamae (Blütepflanzen). Vielzellige Wesen mit oder ohne Chlorophyll, meist mit höherer Gliederung und stark reduziertem Generationswechsel, bei dem die Generationen einander unmittelbar folgen, aber in einer Pflanze vereinigt erscheinen.

Hierher die zwei Unterabteilungen:

1. Gymnospermae (Nacktsamige). Aus den Sporen entstehen noch Prothallien.
2. Angiospermae (Bedecktsamige). Es werden keine Prothallien mehr gebildet.

Von diesen 12 Abteilungen sollen jene 10 in diesem Bande behandelt werden, die man gemeinhin als Lagerpflanzen (Thallophyten) bezeichnet. Und von der 11. noch die Moose, weil sie sich in Lebensweise und Organisation mehr den Lagerpflanzen als den Blütegewächsen anschließen. Es ist zwar mißlich, eine Pflanzengruppe derart auseinanderzureißen, aber wir haben in den Archegoniaten künstlich zwei Wesensgruppen zusammengebracht, zwischen die Natur selbst dadurch eine Scheidewand geschoben hat, daß die fast auf dem Lebensniveau einer Blütepflanze stehenden Farne durch ihre Gliederung in Stamm und Blatt die Anpassungsreihe der niederen Gewächse endgültig verlassen haben. Schließlich betrachten wir die Pflanzengruppen ohnedies in ihrer natürlichen Vergesellschaftung in „Lebensbildern" und nicht in den Herbarfaszikeln der alten Zeit. Dadurch sind alle natürlichen Zusammenhänge gewahrt, und zu guter Letzt sorgt nicht der ununterbrochene Fluß aller Pflanzenformen, deren jede ohne die einfachere nicht verstanden werden kann und notwendig eine höhere aus sich herausbildet, ohnedies dafür, daß jede Teilung nur lehrtechnisch entschuldigt werden kann, weil sie stets ein künstlicher Schnitt ist?

* * *

Ein Blick auf die Gesamtheit der im Wasser lebenden Urgewächse.

Wenn man heute einen Naturforscher kennen lernt, so erwartet man gemeinhin einen Mann zu sehen, aus dessen kühnem Blick die Lust nach fernen Welten und Abenteuern spricht, dessen Wesen Wagemut, erlittene Strapazen und die Leidensspuren des Lebens in fremden Zonen verrät. Kurz, man ist gefaßt, einen unerschrockenen Forscher und Reisenden zu sehen — und findet zumeist einen höchst sanftmütigen und gesetzten Herrn mit Denkerstirne und der Zivilisation des Stubenmenschen, der uns nicht in die Natur weist, sondern in das Laboratorium und die Studierstube. Also dorthin, wo nicht der waldwürzige Hauch ungebundener Freiheit uns entgegenschlägt, sondern der scharfe Geruch sehr vieler Chemikalien und von Spirituspräparaten, wo gar manches verstaubt ist und trübe blickt. Wo vor allem sehr viele Bücher, Schneidemaschinen, Mikroskope, Photographien, wo Präparate und Apparate, Tier- und Pflanzenleichen im Übermaß sich finden, aber nur ganz wenig Natur: ein paar Käfige, ein Aquarium, ein kleiner botanischer Garten und einige Gewächshäuser. Und in dieser Welt, die nur wie ein blasser Widerschein des sonnigen Lebens wirkt, weiß der sanftmütige Herr trefflich Bescheid und kennt seine Präparate bis zum letzten Tüpfelchen. Er zerschneidet Infusorien und sonst punktgroße Wesen mit seinen Rasiermesserma schinen in ein Dutzend Teile, zerlegt ein Hirn in Hunderte von Serienschnitten, in denen er mit raffinierten Bädern und Beizen dann jede Zelle und jedes Zellkörnchen womöglich anders zu färben vermag. Er unterwirft seine traurig blickenden Versuchspflanzen hunderterlei Prozeduren, bis auch sie zerschnitten, gebeizt, gefärbt, in Zellen, in minutiöse Details zerlegt und schließlich in Druckerschwärze, langatmige Schilderungen, ellenlange Gelehrsamkeit verwandelt werden, damit zu den vielen Büchern noch einige dickleibige kommen und aus Naturverständnis noch mehr Bücherweisheit werde.

Das ist die neue Zeit der Naturforschung, die aus ihr eine höchst achtbare Wissenschaft gemacht hat, etwas ungemein Segensreiches und nicht zu Missendes — die aber doch eine Kehrseite hat, einen traurigen und dunklen Punkt, der nicht zu sein brauchte.

Die Naturforschung war nämlich nicht immer so. Ihr Bestes war nicht immer in den Laboratorien eingesargt. Noch ich, der ich doch kein alter Mann bin, habe sie anders kennen gelernt. Als ich Student war, ein blutjunger überschäumender Springinsfeld, den es in allen Gliedern juckte, der Welt ein Loch zu schlagen, da haben wir anders gehaust. Wenn ich heute die jungen Naturwissenschaftler und Mediziner so überreif und vielwissend dahingehen sehe auf den Straßen, peinlich nach der Mode gekleidet, mit blasiertem Gesicht, lauter Theorien im Munde, wenn nicht gerade Komment, Politik und Verbindungsinteressen wichtiger sind — da befällt mich immer ein Bedauern um das arme junge Blut, das da vertrocknet und versauert und nichts zu wissen scheint von „fröhlicher Wissenschaft“. Was war uns Komment, Theorie, Gelehrsamkeit und Laboratorium, als wir 20 Jahre alt waren und Naturforscher werden wollten? Wir waren mehr in den Wäldern und Gebirgen als bei dem Mikrotom und hinter den Büchern oder gar im „Salon“ und „Korpshaus“. Mit ein paar Gulden in der Tasche sind wir als junge Studenten ausgezogen, aber mit einem Herzen voll Sehnsucht und Naturverehrung und Schönheitsträumen, um das Meer zu sehen und in lebendigster Freiheit seine zauberhafte Tierwelt, um in unbegangene Wälder und Gebirge zu steigen, in

Höhlen zu forschen nach blinden Käfern und Spinnen und Knochen vorweltlicher Tiere und uralten Feuerstätten. In den Sümpfen lebten wir Studenten im Sommer amphibisch mit den Büffelhirten und Blutegelfischern wochenlang und sahen dort an Mensch und Tier und tropisch-üppiger Pflanzenwelt die Urzeiten wieder lebendig; im Wasser den Mikrokosmos alles Kleinlebens, im Röhricht und den Sumpfwäldern eine unermeßliche Heerschar der Insekten, der Vögel, Amphibien und Reptile, wo eines das andere jagte, wo alles einander überbietet an lebender Naturphilosophie, an Anpassung und List. In den Steppen wohnten wir bei Roßhirten und zogen mit ihnen von Weideplatz zu Weideplatz und lernten von den Tieren Menschlichkeit und sahen ihre wunderbaren geistigen Fähigkeiten, die nur in diesem intimen Zusammenleben so recht erkannt und erfaßbar werden, und jedem natürlichen Menschen auch naturgemäß erscheinen. Wir sahen die glühende Steppenflora, ihr Werden und Vergehen, die überwältigenden Gesetzmäßigkeiten, die alles ineinanderschlingen und erhalten, die übermächtigen großen und kleinen Naturgewalten, die da reden und lehren im Wandeln der Gezeiten, im Ziehen der Wolken, im Lichterfunkeln der Sterne, im Zirpen und Rascheln der tausend Tiere, die unter ihnen wohnen, und im Flüstern der Gräser, die ihre Wohnung sind. In Stürmen, in Mittaggluten, in der überjauchzenden Frühlingspracht, in der Verwesung des Spätjahres, im Winterfrost, in vielen Nächten und Morgengrauen haben wir so die Natur gesehen. Von Waldgängern, Hirten und Fischern haben wir Natürlichkeit schätzen gelernt. Mit tausend und abertausend Pflanzen und Tieren haben wir so lebendige Bekanntschaft gepflogen und selbst etwas von den großen Gesetzen und Zusammenhängen alles lebenden Seins erlebt, die Abhängigkeit der Kreatur von der Welt, von Sonne, Stürmen und Nacht; ihre Entwicklung, ihre Harmonie, ihren Kampf und Frieden. In Abenteuern und Gefahren haben wir uns gestählt; im süßen Naturfrieden und der einzigen Schönheit, die ewig ist, weil sie natürlich ist, haben wir uns Gemüt und Herz gesund und frisch erhalten — und wußten dann freilich, wenn wir heimkamen zu den Büchern und Vorträgen, was *Naturgesetze* sind und was *Naturgewalten*! Da wir die Lande durchzogen von den polnischen Winterschrecken bis tief hinab, wo im blauen Meer schon türkische Berge leuchten, vom heimatlich traut-deutschen Alpental bis in den Fieberdunst der rumänischen Donauniederung, da haben wir wirklich Natur kennen und lieben gelernt und Gemütstiefe schätzen, und Sinnigkeit des Blickes und Innigkeit des Empfindens und Achtung vor dem Ewigen. Eine erlebte Religion und dichterische Erhebung verklärten dann diese sonnigen Jugendtage, und strotzende Gesundheit und Naturkraft in allem Wirken und Wollen belohnte sie und ein Blick für die Wesentlichkeiten des Seins. Was Wunder, wenn wir dann in allem, was wir von nun an „naturforschend" ansahen, so leicht Sinn hatten für das Lebende, für das Biologische, für den „Geist in der Natur"! Und für scholastische Zergliederung und Bücherwissen und bloßen Rationalismus ein für allemal das Empfinden, als sei das Widernatur! . . . . .

Das war die alte Naturforscherschule, und wenn man sie heute vernachlässigt, so glaube ich, daß wir dadurch vieles vom Besten an Naturverständnis dauernd verlieren.

Wir sind auseinandergegangen in den Brotberuf an die Schulen des Landes. Von meinen unzertrennlichen Begleitern konnte der eine von dem Schönheitsglanz der Natur freilich nicht mehr loskommen und ist Dichter geworden, der andere ging nach

Zentralasien in die Hochsteppen des Pamir und die eisigen Schründe des Hindukusch, und auch der dritte ist heute einer jener berühmten Forschungsreisenden, denen wir nachstrebten, der in nie gekannte Wildnisse drang zwischen kannibalische Papuas in unserer fieberschwangersten Kolonie und in die Glut des steinigen Arabiens. . . . . Mich aber hat das moderne Wissenschaftsideal gebändigt: ich ging dann, aber erst dann ins Laboratorium. Denn zuletzt von all den Wunderwerken der Natur, mit denen ich mich vertraut machte, doch am meisten von der Kleinwelt der Gewässer und dem inneren Leben der Pflanzen angezogen, konnte ich nicht loskommen von den Mikroskopen. Und zu deren Handhabung gehört die Studierstube mit ihren Behelfen. Aber der Zug ins Urwüchsige, der Hang nach dem einsamen Naturstreifen, zum sich Versenken in das unberührte Naturleben, zum sich Einsfühlen mit dem, was ich mir daran bewußt machen will, der Trieb, von Zeit zu Zeit nach dem Abenteuer, der Wildnis, der Urzeit auszugehen — er ist mir dauernd geblieben und damit ein Jungbrunnen, ja, ich will es gestehen, das Schönste und Tiefste, was mir das Leben noch je geboten. . . . .

Was ich da so aus der inneren Geschichte meines Lebens preisgebe, ist ein Stück Geschichte der Wissenschaft. Das biogenetische Gesetz schlingt seine Fäden auch um Menschen und Menschheitsschicksal. Im Werdegang des einzelnen geht man den großen Schritten des Menschenganzen nach.

Es gibt einen älteren Typus der Naturforscher und der ist unendlich anziehend und verehrenswert. Humboldt gehörte noch zu ihnen, und der gute alte Brehm, dessen Werk ein farbiger Abglanz dieser Ideale ist, Haeckel und Schweinfurth, Nordenskjöld und Nansen, sie sind vielleicht die letzten von ihnen. Diese alten Naturforscher machten sogar aus dem bloßen Sammelsport etwas Lebendes und Anziehendes. Die öde Floristik ist nur so lange tot und grau, soweit sie sich im verstaubten Herbar abspielt — wenn aber der Florist auszog in die Flur, wandelte ihn die Natur auch zum echten und Leben erfassenden Forscher. Auch in den Werken des Linné ist ein Widerschein von diesem Glück der Wahrheit, und die großen Floristen des 19. Jahrhunderts, die in alle Weltteile hinausdrangen, ein paar seltener Pflanzen halber tollkühn Gefahren bestanden, in nie erstiegenen Gebirgen kletterten, in Verkleidungen feindselige Völker überlisteten, Wüsten durchquerten und oft verschmachteten an ihrem Forscherdrang — sie haben auch das reinste Glück genossen, das uns Erkennen bescheren kann; sie haben auch Großes geleistet und Unentbehrliches, und ihre Werke sind für immer Fundgruben und Meisterstücke unserer Wissenschaft, denn aus ihnen glänzt auch etwas vom Ewigkeitsgehalt der Natur.

Aber ihre Zeit ist dahin. Das mußte kommen, so wie in unser aller Leben die Jugend sachte schwindet und nicht mehr wiederkommt. Wir brauchten eine tiefere Lebensauffassung, nachdem diese Alten das Inventar der Natur aufgenommen und das Wissen so unendlich ins Breite geweitet haben. Und das ging nur durch Zergliederung des einzelnen, durch das sich Versenken in die Einzelheiten. Lebensweise der Wesen zu kennen ist ja sehr schön und unerläßlich, aber es genügt nicht allein, sondern man muß auch um den Bau wissen, der diese Lebensweise ermöglicht. Und der reicht bis ins unermeßbar Kleine und zwang uns, mit immer mehr Detailwissen uns zu beladen, immer feinere Einzelheiten, immer leisere Lebensregungen aufzudecken — und dieses notwendige sich Verlieren im speziellsten, das ist es, worin die Labora-

toriumswissenschaft unserer Tage mitten drin steckt! So sehr darinnen steckt, daß nun wieder allenthalben die Klage laut wird, man sehe vor Bäumen nicht mehr den Wald, vor Einzelheiten nicht mehr das Ganze; als seien unsere Naturforscher wohl den geschicktesten Arbeitern der Genfer Uhrenfabriken zu vergleichen, deren jeder meisterhaft sein Arbeitsstück: eine Schraube, eine Feder, einen Sperrhaken, ein Rad herzustellen vermöge, aber es mangle nun an Meistern, die aus den Teilen die Uhr, aus der Spezialkenntnis das Verständnis des Lebens zusammenzustellen wissen.

Die Laboratoriumswissenschaft hat ihre Kehrseite, ihren dunklen Punkt, von dem eingangs dieser Betrachtung die Rede war. Was damit gemeint ist, hat unlängst ein ausgezeichneter Naturforscher (W. Haacke) mit derben, aber ehrlichen Worten unübertrefflich scharf umrissen, da er sagt: „Mein Hauptlehrer in der Zoologie war ein ausgezeichneter Nichtkenner der deutschen Tiere, und mein Hauptlehrer in Botanik ein ebenso ausgezeichneter Nichtkenner der deutschen Pflanzenwelt. Ich mache ihnen keinen Vorwurf daraus; an anderen Universitäten war und ist es nicht besser. Die Beschäftigung mit dem Leben der Gesamtnatur, insbesondere mit der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt galt und gilt noch heute als ein karriereverderbendes Merkmal des Dilettantismus, als unwissenschaftlich im höchsten Grade. Solchen Anschauungen durch Wort und Tat entgegenzutreten, sei einflußreichen und einsichtigen Hochschullehrern, sei insbesondere unseren Regierungen warm ans Herz gelegt. Denn der Jugend biologischen Unterricht zu erteilen, ist nur ein guter Kenner des heimischen Tier- und Pflanzenlebens befugt."

Damit ist eine Wunde unserer Lebenswissenschaften ziemlich unbarmherzig aufgedeckt. Aber sie beginnt auch bereits zu heilen. Denn von überallher erschallt, seit einem Jahrzehnt sich immer mehr verstärkend, der Ruf: Zurück zu dem Brehmschen Standpunkt, der immer auf das Ganze, auf das Leben der Gesamtnatur blicken lehrt, der alles unter biologischem Gesichtspunkte betrachtet und jede Einzelheit nur dann schätzt, wenn sie auch Sinn und Bedeutung hat. Und so schwingt das Pendel wissenschaftlichen Bewußtseins langsam wieder hinüber zu den Naturforschern alten Stils; meine Jugendideale stehen wieder auf, die biologische Richtung der Naturerkenntnis erobert in gelehrten Arbeiten und Körperschaften einen Platz nach dem anderen — und wie lange wird es dauern, bis wieder der Gegenruf erschallt: Mehr Tatsachen und Formenlehre! Und dann tickt die Weltenuhr der Erkenntnis wieder, denn nur durch diesen Schlag des Pendels, indem sie bald Morphologie, bald Biologie fördert, erhält sie sich im Gange. Wenn man das einsieht, beunruhigt man sich nicht mehr über das Schwanken.

Da habe ich also erklärt, warum ich jetzt die Naturgeschichte der niederen Pflanzen mit einer Biologie des Wasserlebens und nicht mit einer Anatomie einleiten muß. Denn von ihr wissen unsere Lehrer nicht so viel, wie sie brauchen könnten, unser Volk aber weiß gar nichts davon. Es hat auch kein Interesse dafür und sieht auch nicht ein, warum es etwas davon wissen soll. Warum nicht? Weil man ihm das Kleinleben des Wassers immer nur aus der Enge des Spezialistenblickes gezeigt hat, aus der es nichts Gemeinnützliches zu sehen gibt. Weil es in Schule und Bildung nur ein „Anhang" zur Naturgeschichte war, mit dem man nichts anzufangen weiß.

Wie aber, wenn man auf das Leben im Wasser einmal aus der Perspektive des Lebensganzen blickt? Wer könnte da noch gelangweilt vorübergehen, wenn man ihm

sagt: da unten in diesem gleißenden, übelgefärbten Tümpel stecken Dinge, die dich angehen, weil sie dich gesund erhalten oder krank machen, weil sie deine Nahrung, deinen Wohlstand vorbereiten, weil hier durch das Wasserleben der Boden zubereitet wird, auf dem du baust und hausest. Wenn du diesen Dingen Aufmerksamkeit schenkst, beginnen sie dir von dir selbst zu erzählen, wie du warst und wie du wurdest, sie sagen dir mit den einfachsten Begriffen, die jeder verstehen kann, wie sich Organe bilden, wie sich die Fortpflanzung abspielt, nach welchen Gesetzen sich jedes Gesellschaftsleben regeln muß, um gesund zu bleiben. Wenn man sich die Kleinwelt des Wassers mit Mikroskopen nahebringt, wird die Natur fast geschwätzig. Und gerade ihre bestgehüteten Geheimnisse sind es, die sie dann preisgibt: Wie Leben entsteht, was des Lebens Einheit sei, was des Lebens Hauptgesetze, der Zusammenhang aller lebenden Wesen, die Ewigkeitswerte der Natur, die wir Gesetzmäßigkeit nennen. Über diese letzten Fragen erfährt nur der Kleinweltforscher wirklich endgültigen und befriedigenden Bescheid. Man nenne doch irgendeine andere menschliche Beschäftigung, die so vielseitig anregend und bildend für den Menschengeist ist, wie gerade diese! Denn man glaube ja nicht, daß es bloße „Naturkenntnisse" seien, was man dabei erwirbt, daß Geist, Gemüt und nicht zuletzt Schönheitssinn und künstlerischer Genuß dadurch zu kurz kommen, oder daß solche Art von Selbstbildung einseitig mache!

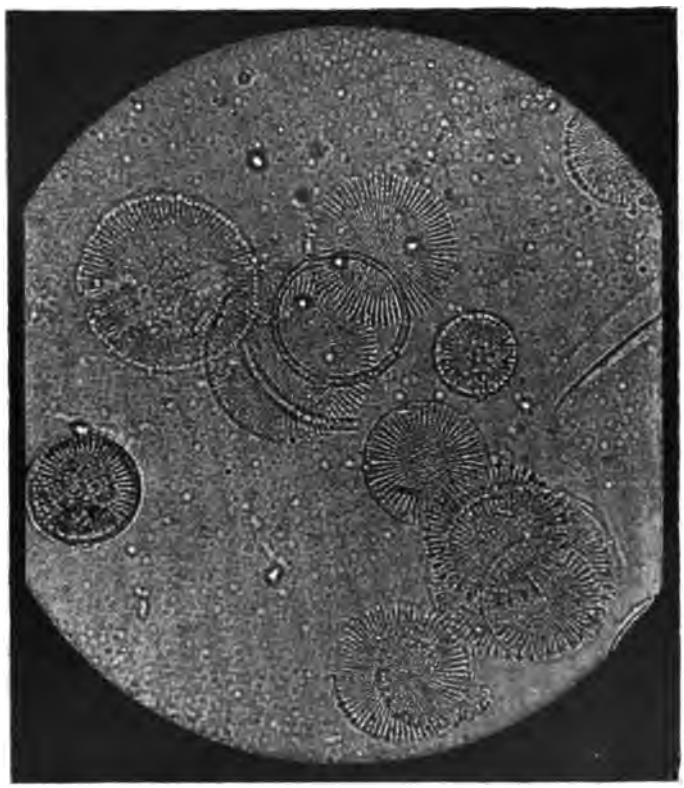
Kieselalgen aus dem Grundschlamm der Nordsee.
(Bei 100facher Vergrößerung aufgenommen von G. Hausmann, Göttingen.)

Ich spreche da aus langjähriger eigener Erfahrung, und wenn man an meinem Wesen eine gewisse Vielseitigkeit rühmt, so muß ich erklären, sie ist nicht mein Verdienst, sondern das meines Lehrers. Und mein Lehrer war die Kleinwelt des Wassers, wissenschaftlich gesprochen: die Hydrobiologie. Das klingt paradox — darf ich es also beweisen?

Wenn ich so auszog an meine Lieblingsplätze, an den lauschigen Waldweiher, der nur dem Unwissenden ein unheimlicher Ort ist, dem Kenner aber ein gar freundlich aufgetanes Feenreich, wenn ich die Natur durchstreifte und allüberall mir das Material

meiner Studien sich entgegendrängte, im feuchten Waldmoos so gut wie auf der Moorwiese, am üppig wilden Flußufer, am Felsgestein, im rauschenden Gebirgsbach, an Baumrinden und an Firnen, in jeder flüchtigen Pfütze durch Hoffnung auf nie Gesehenes lockend, empfing ich da nicht bei jedem Naturgange die Mahnung und freundliche Aufforderung, über den Reichtum des Lebens nachzudenken, der ausgegossen ist über die Fluren, und genoß ich dabei nicht das Glück eines ebenso intimen Verkehrs mit der Natur, wie jeder Pflanzen- oder Käfersammler, die ich darob nicht zu beneiden brauchte?

So begann das Studium als ein erquickender und nervenstählender Sport, im Sommer sowohl als im Winter, da die Algen, Wasserpilze und niederen Wesen der Gewässer eigentlich nie zur Ruhe gehen. In weiten Wasserbecken und im Meere, das bei solchem Studium ja auch nicht vernachlässigt werden darf und ein Zauberreich für sich ist, schwimmen sie als „pelagischer Auftrieb" oder — mit einem moderneren Worte gesagt — als Plankton das ganze Jahr über an der Wasserfläche und steigen im Winter, wie darauf gerichtete Studien bald ergaben, nur etwas tiefer unter die Eisdecke. Aber auch die Bewohner der Flüsse und kleinerer Gewässer halten nur zum Teile Winterschlaf. Der Kieselalgenkenner späht schon an milden Januartagen auf den Grund der Bäche, denn er weiß, daß nun das goldbraune weiche Vlies der Diatomeen flockig emporquillt und ihm in jedem Flocken durch hundert der entzückendsten Formen das Auge schwelgen macht. Im Februar erwachen die Zygnemaceen und Desmidien, die Haeckel so poetisch Zierdinge benannte; im März quellen im feuchten Boden massenhaft Nostocaceen und Oszillarien, im April erreichen die Kieselalgen Märchenüppigkeit, und in sinnverwirrender Fülle brechen allenthalben Myriaden der Geißelwesen (Flagellaten) und Pilztiere (Myxomyceten) los; vom Mai bis August hat auch der Mikroskopiker, sowie alle seine naturforschenden Kollegen, reichste Erntezeit. Während diesen aber im September langsam der Reichtum der Fluren den Händen entschlüpft,



Diatomeenerde aus der Lüneburger Heide.
100fach vergrößert. (Originalaufnahme von G. Hausmann, Göttingen.)

vegetiert im Wasser alles unbehindert weiter bis zu den Frösten spät im November. Und von da ab bis zum Jahresschluß ladet ein neues Reich der Wunderdinge, die Blaualgen (Phykochromaceen), zu neuem Genuß und freudigem Studium.

Wenn man also Hydrobiologie betreibt, wird man nie um lebendes Material verlegen sein, um lohnende Streifzüge in der Natur, und da man überall hingehen muß, um die Kleinwelt ganz kennen zu lernen, wird man schon dadurch veranlaßt, die Natur in ihrer ganzen Weite, von allen Seiten zu beachten. Sogar bis tief ins Reich der Toten hinab, denn Bergmehl, Kieselgur, Kreide, Meeresschlick, Poliererde und gar manches Gestein ist aus Resten vorübergelebter mikroskopischer Urwesen zusammengesetzt, und wer nur einmal die wundersamen Tafeln der Mikrogeologie unseres Altmeisters Ehrenberg in die Hand bekommen hat, der ist auch schon in Versuchung geraten, von der lebenden Kleinwelt dauernd zur fossilen überzugehen, so viele Formenschätze gibt es auch da zu heben.

Kieselalgen im Plankton des Plöner Sees (hauptsächlich Asterionella und Atheya). (Originalmikrophotographie von Dr. O. Zacharias.)

Augenergötzung, nie endende, stets mit neuen Freuden packende ästhetische Genugtuung, das ist die erste Stufe, die der angehende Mikrologe erklimmt. Durch den sanften Zauber der Schönheit, mit „Kunstformen" weiß die Natur selbst ihr treues Studium volkstümlich zu machen. Darum überlasse ich ihr das Wort und biete hier einige „Bilder ohne Worte", geschöpft aus dem Born, den uns der feinsinnigste aller neueren Naturforscher, unser allverehrter Haeckel, in dem prächtigen Werke bot, das er „Kunstformen der Natur" betitelte.

Mit allen diesen Wesen kann man sich leicht vertraut machen und in ihrer Betrachtung noch weit mehr als des Kunstgenusses teilhaftig werden, denn sie alle leben, sind in fröhlicher Bewegung, in einem Farbenglanz, den kein Pinsel wiedergibt, und was das Wichtigste ist: sie sprechen! Sie sprechen in der Sprache der Natur, durch gesetzmäßige Zusammenhänge, die sie dem Menschenverstande erschließen und durch die sie ihn mit köstlichen Gemüts- und Gedankenwerten bereichern. Von diesen will ich jetzt reden.

Indem man an seinen Lieblingsplätzen, die bald jeder Hydrobiologe hat, bei jedem Besuche immer wieder andere Lebensformen trifft, hat man gar bald, auch wenn man nie das Wort Entwicklung gehört hätte, herausgefunden, daß in der Natur alles fließt, daß nichts von Dauer ist, nur der Stoff und das Leben. Zwischen diesen beiden läuft eine ewig wechselnde Formenkette. Man lernt da die sachten Veränderungen der Natur beachten. Wenn man in jedem Lenz einen erneuten Teppich der Kieselzellen am Bachgrunde gebreitet sieht, im Sommer aber dort ein zartes Lager der glashellen Kieselgerüstchen, gerät man bald auf den Gedanken, daß dies in die Jahrhunderte hinaus ansehnliche Mengen von Mineralstoff geben muß. Und wenn man dann merkt, daß ein ganzes, großes, viele Meter dickes Mergellager, daß der Untergrund ganzer großer Städte, so z. B. von Berlin oder Königsberg in Preußen, daß wahre Berge von Schiefern, so der Montmartre von Paris, der Habichtswald bei Kassel oder das Braunkohlengebirge von Bilin in Böhmen, Billionen dieser zarten Kieselpanzer bergen, ja, daß sie fast ganz aus diesen lieblichen Gerippchen zusammengesetzt sind, wenn man dann, weiter nachsinnend über so eine ungeheuerliche Sache, zu dem Schlusse gelangt, daß an jenen Stellen einst Süßwasserseen waren, die ausgetrocknet sind und erfüllt mit ihren Lebensresten, da hat man eines der großen Naturgesetze im eigenen Denken mächtig erlebt in seiner Größe: daß nämlich die Natur nicht immer mit Katastrophen baut und ihre Entwicklung mit Donnergang rollen läßt, sondern daß sie das Größte sachte macht, mit einer Flöckchenhaut jedes Jahr Gebirge baut und aus den kleinen Ursachen in unermeßlichen Zeiten Weltgebäude. Wer das nie vergißt, ist in einem wesentlichen Punkte verständig und weltweise geworden.

Gesteinbildende Einzeller.
Foraminiferen aus einem Dünnschliff durch Liasmarmor. 100fach vergr.
(Originalaufnahme von G. Hausmann, Göttingen.)

Und ebenso ungezwungen enthüllt sich dem Hydrobiologen auch ein zweites Weltgeheimnis.

Er trifft nie Tiere allein oder nur Pflanzen, sondern stets beide zusammen, eines durch das andere lebend, und oft eines dem anderen so ähnlich, daß er und alle seine

gelehrten Vorgänger und Nachfolger es nie entscheiden werden, wo die Grenzen des Tierreiches sind und wo der Pflanzen Reich beginnt. Es gibt keine Grenze zwischen ihnen, denn Tier- und Gewächsreich sind künstlich geschaffene Begriffe, sie sind ausgeheckt von registrierenden Geistern und vom Bedürfnis der Ordnung.

Mit jedem Blick, den man in die mikroskopische Welt tut, überzeugt man sich aufs neue, daß die Natur nach einem anderen Organisationsplan ihre lebendigen Geschöpfe bildet, als es unsere Systeme widerspiegeln. Die Natur hat keine Reiche, sondern ist ein einziges Lebendes; belebte Natur ist mit ihrer ganzen Vieltausendgestaltigkeit nichts als ein einziger, in zahllosen Fazetten anders erscheinender Eigenschaftenkomplex ein und desselben Wesens: der Zelle!

Das wird jedem durch hydrobiologische Studien täglich und stündlich gepredigt, und indem man es so in Fleisch und Blut aufnimmt, wird man selbst ein anderer in seinem Verhältnis zur Natur. Die vom Mittelalter errichteten Scheidewände fallen und damit die Beschränkungen des Denkens; ohne weiteres faßt man „Pflanze", „Tier und Mensch" richtig auf als einen Spezialfall von Zellenanpassungen, als eine Ausdrucksform für besondere Lebensweisen. Dadurch hat man festen Grund und Boden bei Beurteilung aller Lebensverhältnisse gewonnen, jenen festen Punkt, durch den man der ganzen sinnverwirrenden Daseinsfülle Herr und Meister wird im Verständnis, weil man nun alle drei Wesensreihen einheitlich erfassen kann und das Einigende in ihnen erkennt.

Wenn einer, der denken kann, aus dem ganzen Reich der Biologie nichts anderes erfahren hat als diesen Beweis, daß das Protoplasma in seiner Zellenform die Fähigkeit hat, durch Verbindung und Anpassung die Gestalt und Fähigkeiten aller Pflanzen, Tiere und Menschen anzunehmen, so wird ihm das, wenn er es sich nur recht in allen seinen Folgerungen überlegt, dennoch seine ganze sonstige Bildung von Grund aus neu gestalten. Es wird ihn einem noch so bewanderten Floristen oder Tierkundigen überlegen machen an echtem Verständnis der Naturerscheinungen — so sehr ist diese Erkenntnis vom Monismus des Lebens der Zentralsatz der ganzen Lebenswissenschaft, ja der modernen Welterkenntnis überhaupt. Durch nichts aber kann er rascher begriffen, genußvoller erfaßt und sicherer aus eigener Anschauung bewiesen werden, als durch das Studium der Kleinwelt des Wassers.

Und was das beste dabei: So wertvoll das ist, es entspricht doch nur immer erst einem Bruchteil des geistigen Gewinnes, der sich erjagen läßt, wenn man der Natur von dieser Seite aus näher tritt.

Noch stehen wir im vorbereitenden Stadium, im ersten Schwelgen an der wissenschaftlichen Beute, die man von seinen Streifzügen heimgebracht hat. So recht fruchtbar wird es doch erst dann, wenn man sich dieses Stück Kleinnatur zu Hause einfängt und sich darein versenkt. Man legt daraus ein Aquarium und Kulturen an und schreitet damit zu neuen Erfahrungen vor. In ihnen spricht die Natur über die Grundlehren der Physiologie: denn man wird mit dem Begriff der Lebensbedingungen bekannt gemacht. Was da durcheinanderwimmelt im Süßwasseraquarium! Diese bunte Menge von Algenfäden, winzigen Krebschen, Asseln, Insektenlarven und prächtigen Würmchen, diese leuchtenden Punkte und Schimmelanflüge, die sich, unter den Kleinseher gebracht, als überaus prächtig gestaltete Rädertierchen, große Infusorien, Algensterne,

und Glockentierchen-Kolonien (Bild siehe Bd. II, S. 47) erweisen, sie alle bleiben nicht beständig am Leben in der Schale, darin man sie bergen möchte. Bald findet man vielmehr heraus, wie fast jeder Tag Wandlungen im Lebensbilde nach sich zieht, weil die Lebensbedingungen wechseln und fast jede Tier- und Pflanzenart von anderen Bedingungen abhängig ist. Desgleichen ergibt sich bald, daß man nicht von jedem Fundort gleiche Lebensschätze nach Hause bringt. Aber fast in jedem, an dem gleiche Lebensverhältnisse herrschen, sind die gleichen Lebensformen. Da ist, um es an einigen Beispielen faßlich zu machen, jede freie Wasserfläche von Planktonwesen (Planktonten), also Milben, rudernden Krebschen (Diaptomus, Cyclops, Bosmina, Leptodora, Hyalodaphnia, Sida u. s. w.), Rädertierchen mit besonderen Schwimmanpassungen (Triarthra, Polyarthra, Asplanchnopus) und gewissen seltenen Infusorien (Tintinnidium, Codonella) belebt, dazwischen die prachtvollsten Geißelwesen (Volvox, Dinobryon, Peridinium, Ceratium, Pandorina, Mallomonas), Kieselalgen (Fragilaria, Cyclotella, Synedra, Melosira, Rhizosolenia) und sonstige Algen (Pediastrum, Clathrocystis) schweben. Nicht jede der genannten Gattungen kommt in allen Teichen und Seen vor, sondern man kann nach der Bewohnerschaft oft besondere Leptodora-, Ceratium-, Dinobryon- u. s. w. Wasserbecken unterscheiden, in denen das massenhafte Vorkommen der einen Art die andere oft gewissermaßen ausschließt, oder mindestens stark zurückdrängt. Aber bei eingehender Aufmerksamkeit gewinnt man die Überzeugung, daß Wasserbecken von annähernd gleichen geographischen Verhältnissen auch annähernd gleiche Fauna und Flora beherbergen. So erklärt es sich, daß der große Plöner See in Holstein reichlich von Melosira-Kieselalgen und Blaualgen (Gloeotrichia, Anabaena, Clathrocystis) besiedelt ist, wie die norddeutschen flachen Seen zumeist, während die Blaualgen im tiefen, andere Wasser- und Vegetationsverhältnisse darbietenden Bodensee völlig fehlen. Oder daß der ungeheure, ganz flache, meist nur 3—4 m tiefe, halbsumpfige Plattensee in Ungarn ein typisches Ceratium-Gewässer ist, während kaum 300 m von ihm entfernte große Teiche, die man in den Alpenländern Seen nennen würde, nicht ein einziges Individuum der graziösen Ceratien bergen, da sie freilich auch ganz anderes, nämlich Moorwasser, enthalten; während die Ceratien einige hundert Kilometer weiter westlich in dem Neusiedler See, der dem

Phyto-Plankton des Plöner Sees.
(Nach einer Mikrophotographie von Dr. O. Zacharias.)

Plattensee in allen „ökologischen" Verhältnissen sehr nahe steht, sofort wieder in ähnlichen Massen auftauchen.

Wer solche Erfahrungen macht, wird immer wieder darauf gelenkt, im Lebendigen die Lebensbedingungen zu beachten und sich zu merken, daß die Form von der Physiologie, nämlich von der Anpassung an die bestehenden Verhältnisse zu deren Ausnützung bestimmt wird. Dadurch aber wird man vor systematischer oder morphologischer Einseitigkeit bewahrt und lernt frühzeitig, daß das zentrale Problem alles Lebensverständnisses ein physiologisches sei und nur durch die Erforschung des Wechselspiels gegebener Verhältnisse und lebendiger Anpassung daran gelöst werden könne. Wer in diese Schule gerät, wird also niemals im öden Dilettantismus bloßer Systematik und Formenbeschreibung stecken bleiben können, sondern er wird sich stets auf das Wesen lebendiger Natur hingedrängt sehen. Denn alle naturwissenschaftliche Bildungsarbeit klingt bei ihm in die Frage aus: Wie kam dies zustande? Damit ist aber ein Großes erreicht, wie jeder zugeben muß, der es einmal so recht aus dem Herzen empfunden, zu welch gefährlichem Stillstand wahrer Erkenntnis die systematische und bloß beschreibende, nicht aber kausaldenkende Forschungsrichtung unsere Wissenschaft so lange verurteilte.

Der Hydrobiologe bleibt aber auch davor bewahrt, einseitig in „bloße Physiologie" zu versinken. Auf seinen fauno-floristischen Streifzügen macht er die sonderbarsten Entdeckungen. Wenn man im Havelsee bei Berlin den hübschen Meerespolypen Cordylophora lacustris findet, oder davon hört, daß in unserem größten „neudeutschen" See, nämlich im afrikanischen Tanganyikasee Meeresmedusen leben, so wird man sofort auf die große Wichtigkeit hingelenkt, welche der Wanderung und geographischen Verbreitung bei Erklärung der Lebensformen zukommt. Und die Tatsache (von der wir zuerst überzeugend durch R. Credners schönes Werk über die Reliktenseen erfuhren), daß es in Europa 60 Seen gibt, in denen Meerestiere (namentlich Krebse und Fische) vorkommen,* ruft dem Hydrobiologen stets ins Gedächtnis, daß die Organismen historische Wesen sind, welche die Weltgeschichte mitgemacht haben und für sie zeugen, nicht nur durch ihre Verbreitung, sondern auch durch viele Eigenschaften ihres Wesens.

Diese Reliktenkrebschen und -Würmer,** die uns andeuten, daß manches binnenländische Wasserbecken ein Überbleibsel des Meeres ist, eröffnen dem Kleinweltforscher den richtigen historischen Sinn und tragen dazu bei, sein Denken und Forschen harmonisch zu machen, so wie es gesundem Fortschritt wissenschaftlicher Einsicht entspricht, welche in den Organismen durch die Herkunft und das gegenwärtige Milieu bedingte, anpassungsfähige und ihre Anpassungen laut physiologischen Gesetzen regulierende, lebendtätige Wesen sieht.

---

* So in irischen Seen, im Ladoga- und Onegasee, im Genfer See, in den oberitalienischen Seen, ebenso in jenen der bayerisch-schwäbischen Hochebene.

** Solche sind die Muschelkrebse Acanthopus residuus, A. elongatus im Genfersee, die Gattung Limnocythere, die in vielen Seen vorkommt, wahrscheinlich die Bythotrephes- und Leptodora-Krebschen (siehe die Bilder), der Strudelwurm Monotus, manche Süßwasserschwämme usw.

Man hat damit aus eigener Erfahrung den modernen und wesentlichen Begriff von dem Wesen lebender Organisation gewonnen. Und dabei hat man beständig das große Gesetz der Entwicklung vor Augen und findet es in seinem tiefsten Wie? und Warum? verständlich. Denn in seinen Kulturen sieht der Hydrobiologe das stete Werden und Vergehen, den ununterbrochenen Wechsel der Formen rasch und im Kleinen wie an einem Modell für das Lebensganze. Am ersten Tag findet er im neugefüllten Aquar die gleiche Mannigfaltigkeit wie in der Natur, doch schon 48 Stunden später reagiert seine nun isolierte Kleinwelt auf den eingetretenen Wechsel der Lebensumstände. Handgreiflich demonstriert sich, daß die Durchlüftung, die Beleuchtung, die Bodenverhältnisse und hundert andere Umstände das Leben regulieren. Zuerst sterben die großen Räuber ab: die glashellen Rädertierchen, dann folgen die drolligen Wasserflöhe und die empfindlichen Wasserfäden. Mit ihrer Fäulnis ist aber den Allerkleinsten ein wohlig Bett zubereitet, und maßlos vermehren sich nun die Bakterien und farblosen Geißelwesen. Kragenmonaden besiedeln die übriggebliebenen Algen, die saprophilen Euglenen werden nun auf einmal bemerklich, da sie sich übermäßig vermehrten. Zugleich aber wird die Fäulnis des Wassers auch der Nase kund. Wer sich daran nicht stößt, wird jedoch alsbald zum Zeugen eines der wunderbarsten Vorgänge in der lebenden Natur: der Selbstreinigung des Wassers. Nur wenige Tage dauert der Hochgrad an Verwesung. Dann ebbt die Lebenswelle der Fäulnisbakterien ab. Ihre Feinde, die bakterienverzehrenden Infusorien und Geißelwesen, vertilgen sie mit maßloser Gier. Sie bieten aber Nahrung für Rädertiere, deren Eier solange schlummernd lagen. Gewisse Arten erwachen nun, und bis die Infusorien den Bakterienflor abgeweidet haben, sind auch sie schon dezimiert. Das Wasser wird wieder klarer, die wenigen Algen, die mit Mühe die Trübung überlebten, werden, da nun ihre Lebensbedingungen einsetzen, auch wieder lebensfroh und überziehen die kleine Welt im Wasserglase mit grünem Schimmer. Friedlichere Bilder steigen nun auf, und dem Chaos und wilden Lebenskampf der Raub- und Fäulniswesen entringt sich wieder die Harmonie, wie sie stets der Dauerzustand der Natur ist: ein wohlabgewogener, vielabgestufter Mikrokosmos von reizenden Algen und Tieren, die sich alle das Gleichgewicht halten, damit sie auf die Dauer alle voneinander leben können. Es sind zum Schluß zwar auch noch Bakterien da, aber nur so viele, wie zum Verzehren der jeweils abfallenden Toten nötig sind; bakterienverzehrende Wimper- und Geißeltierchen fehlen nicht, es sind ihrer jedoch nicht mehr als erforderlich, um die Bakterien im Schach zu halten. Rädertiere, Krebschen tummeln sich nun im freundlich grünlich-reinen Wasser. Sie weiden aber nur vom Überflusse. Und Blaualgen, Wasserfäden und Protococcoideen (Urkugeln), Kieselalgen und Zierdinge weben eine goldig-grün schimmernde Flur in gleicher Üppigkeit wie ihre Abkömmlinge, die droben aus Luft und Erde Wiesen und Wälder mit Wunderkünsten erbauen.

Diese Vorgänge, die im einzelnen unendlich vielfach variieren, aber stets von der Gleichgewichtsstörung zur Wiederherstellung der Lebensharmonie gelangen, ermöglichen es dem Liebhaber mikroskopischer Bilder, eine noch lange nicht genug gekannte Naturerscheinung durch eigenes Forschen nützlich aufhellen zu helfen. Und wer dieser „Selbstregulation des sozialen Lebens“ denkend zusieht, den erfaßt zwingend und machtvoll der große Gedanke des Heraklit, den neuere Welterkenntnis

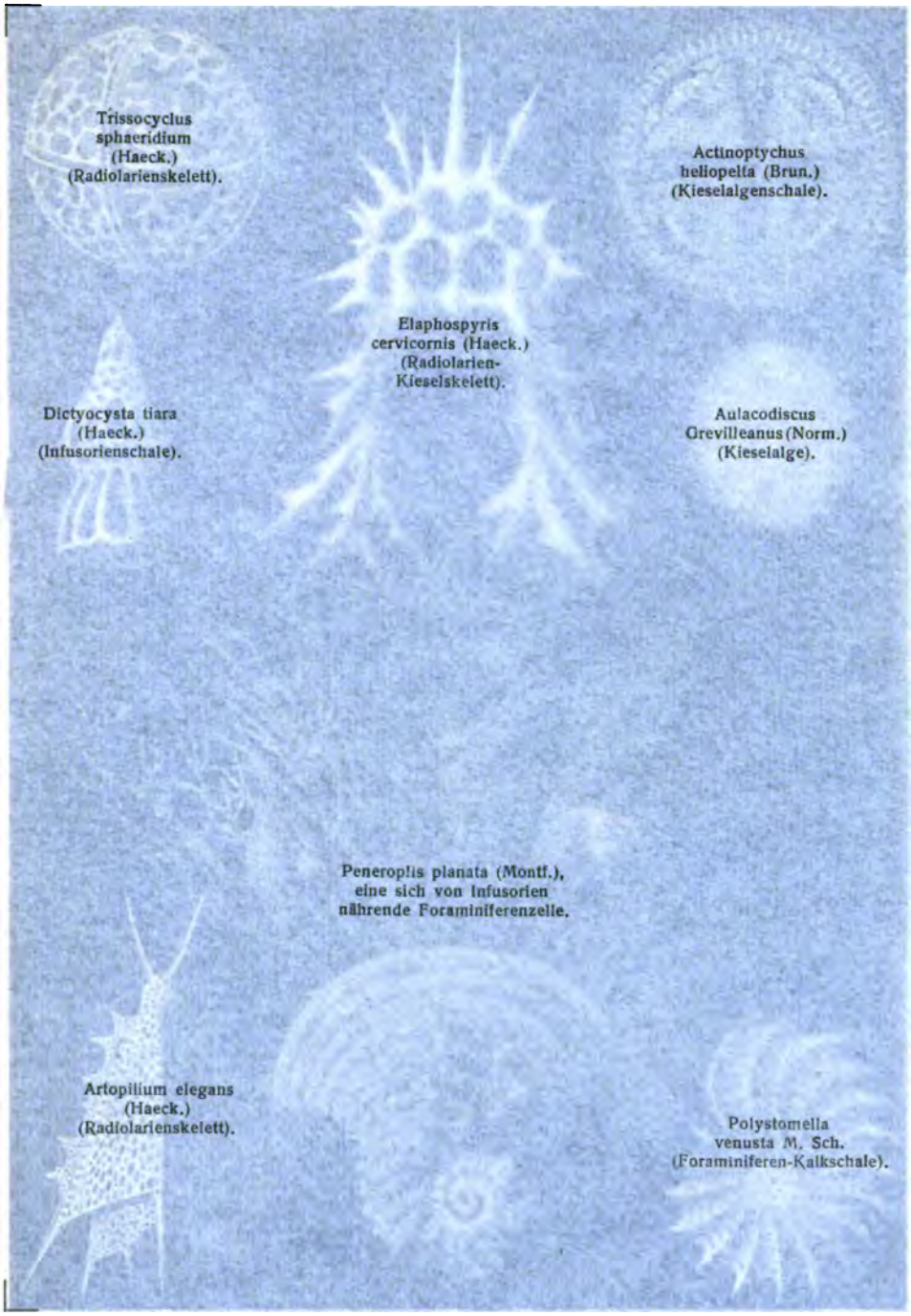
als Entwicklung des Alls wiedergefunden hat. Und an nichts kann der Menschengeist so deutlich innewerden, wie an dieser Erfahrung, daß die Entwicklung nicht eine planmäßige sei, die Kette der Formen nicht das Abschnurren eines von vornherein so und nicht anders eingerichteten Uhrwerkes, sondern daß sie aus den Daseinsbedingungen selbst, mit ihnen wechselnd, durch sie gehemmt, verlangsamt oder beschleunigt vor sich geht. So nimmt der Geist, der von der Hydrobiologie aus sich Verständnis des Wesens lebender Natur erwerben will, spielend und doch bis ins Innerste die wichtigste Ergänzung des Entwicklungsgesetzes in sich auf, die da lautet:

Die Entwicklung des Lebens wird durch den Wechsel der Lebensbedingungen bewirkt.

Spielend, sagte ich, kann man derartiges durch geschickt und planmäßig angestellte mikroskopische Studien lernen. Spielend — ergänze ich nun — wegen des großen Genusses dieser Beschäftigung, aber nicht, weil sie bloß spielerische Tändelei ist, wie vielleicht mancher Gegner spöttisch denkt. Gerade die Hydrobiologie hat für den jungen Menschen, den Amateur und den Forscher, den größten Anreiz, ja den Zwang, die Dinge der Natur nicht oberflächlich zu betrachten, sondern bis ins Mark zu zergliedern — was man von Floristik oder Käfersammeln gerade nicht sagen kann.

Das Hauptübel aller Anfänger und Dilettanten: die Zerstreuung und die Oberflächlichkeit, wird bei diesem Studiengang am raschesten überwunden, da man ja allenthalben dem Leben mit dem Mikroskop bis ins Herz hineinsieht und dadurch stets auf das Feinste, die letzten Verschlingungen aufmerksam und angeleitet wird, noch tiefer hineinzudringen und nicht bei der bloßen Außenform stehen zu bleiben.

Der durch die Kleinwesen so hochgradig befriedigte ästhetische Sinn durchschreitet rasch die Anfangsstadien aller Mikrologie. Zuerst herangelockt durch den Zauber des Außergewöhnlichen, dann berauscht durch die Kunstformen des Lebens, wird man unmerkbar entwickelt im künstlerischen Sehen und in der ästhetischen Bildung. Es ist kein Zufall, daß die größten Erforscher der Kleinwelt, allen voran Gottfried Chr. Ehrenberg und Ernst Haeckel, überaus feinsinnige und künstlerisch empfindende Menschen sind. Ich habe überhaupt an vielen meiner mikrologischen Fachkollegen und nicht zuletzt an mir selbst bemerkt, daß dieses ununterbrochene aufmerksame Betrachten und Zeichnen so vieler edelgeformter, lieblicher, anziehender, in den süßesten Farbenzusammenstellungen prangender Dinge im ganzen Empfinden zur Kunst, zur Harmonie, sogar im Leben zum Gleichmaß hindrängt und vor allem das zeichnerische Können mächtiger entwickelt als jede noch so leidenschaftlich betriebene Plastiken-, Modell- und Aktschule. Ich habe es wohl vornehmlich meinen langjährigen mikrologischen Studien zuzuschreiben, wenn ebenso lange Jahre hindurch in mir immer wieder der Wunsch, Künstler zu sein, als Maler und Schriftsteller, als Dichter und Architekt zu wirken, mächtig mit dem Gelehrten und Philosophen in mir rang und mich zum Schluß zu einem Ausgleich zwischen allen diesen umschuf. Und wenn die Großmeister der Mikrologie, die Ehrenberg, Fr. Stein, Haeckel, Lieberkühn, die Brüder Tulasne, Entz und viele andere zum Teil unerreichte Meister mit Pinsel und Stift wurden, so ist das auf die gleiche Quelle zurückzuleiten. Man wird in diesem Bande eine große Zahl von Abbildungen und auch Tafeln finden, die ich dem wunderbaren Pilzwerke der Gebrüder Tulasne, wie auch dem letzten Meisterwerke unseres allverehrten Haeckel über die

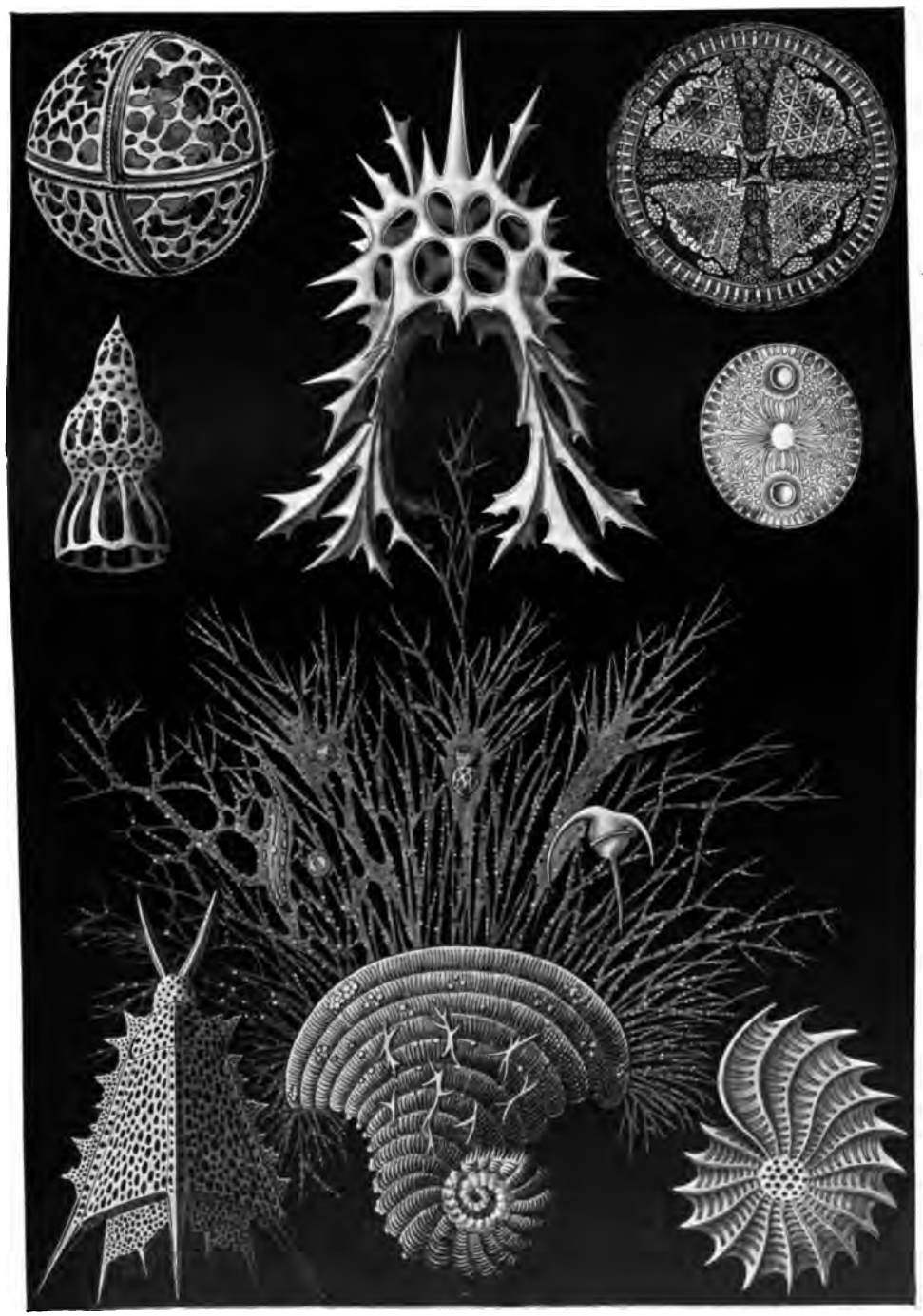

Trissocyclus sphaeridium (Haeck.) (Radiolarienskelett).
Actinoptychus heliopelta (Brun.) (Kieselalgenschale).
Elaphospyris cervicornis (Haeck.) (Radiolarien-Kieselskelett).
Dictyocysta tiara (Haeck.) (Infusorienschale).
Aulacodiscus Grevilleanus (Norm.) (Kieselalge).
Peneroplis planata (Montf.), eine sich von Infusorien nährende Foraminiferenzelle.
Artopilium elegans (Haeck.) (Radiolarienskelett).
Polystomella venusta M. Sch. (Foraminiferen-Kalkschale).

Triposcyphus
sphaeridium
(Haeck.)
(Radiolarienskelett)

Actinoptychus
heliopelta (Brun.)
(Kieselskelett).

Diatomeenschale.

Aulacodiscus
(Trevillianus Norm.)
(Kieselalge).



KOSMOS
GESELLSCHAFT
DER NATURFREUNDE
STUTTGART

Mikroskopische Kunstformen der Natur.

(Nach E. Haeckel gez. v. K. Oeffinger.)

Kunstformen der Natur entnahm, weil ich mir keinen schöneren Schmuck meiner Arbeit, aber auch keinen mächtigeren Anreiz denken kann, um das Gemüt meiner Leser heranzulocken zu diesen Feengebilden, damit auch sie eintreten in die „Kunstschule", mit deren Gewinn sich jede vertiefte wahre Naturliebe so reichlich belohnt.

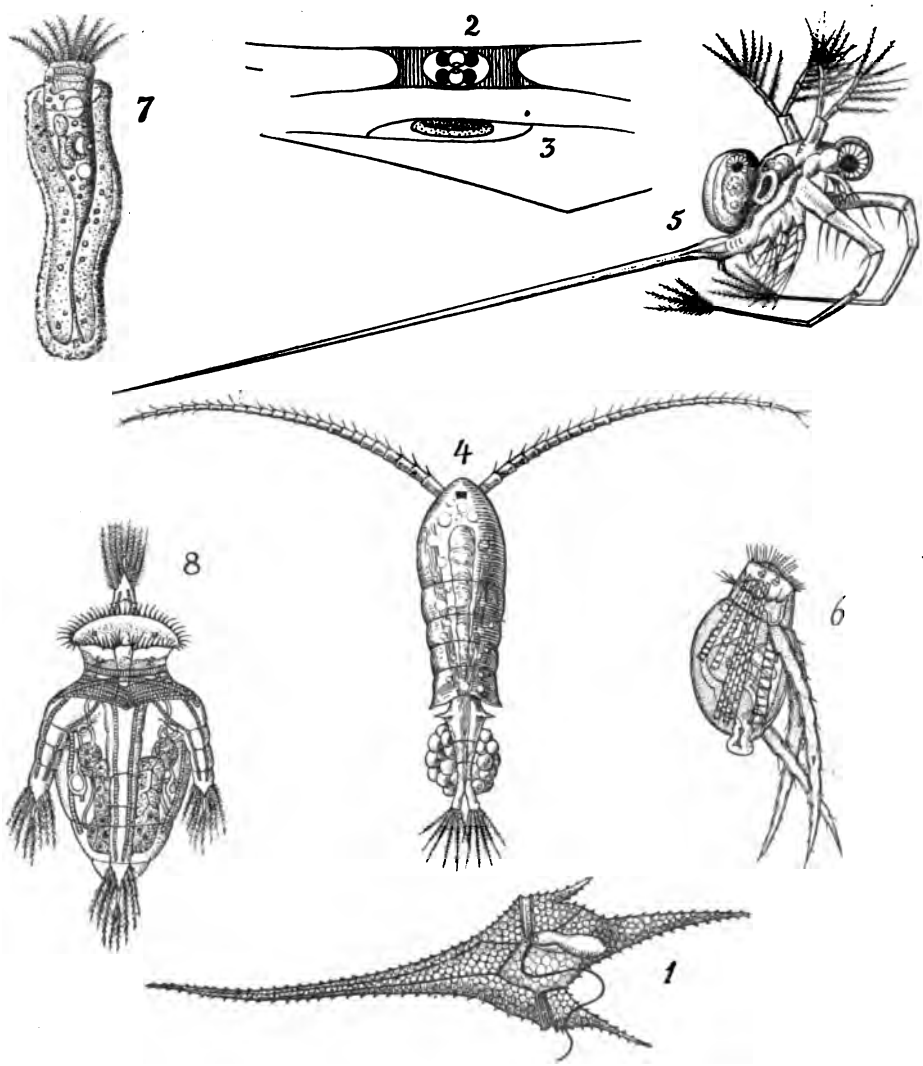
Doch genug von diesen ästhetischen Schwärmereien, da ja Worte den Kunstgenuß ohnehin nicht steigern können. Nur darauf soll noch einmal hingewiesen werden, daß die Schönheit der Kleinwesen gewaltig dafür sorgt, daß man sich im Fremdartigen, womit die Zellenwelt auf den in ihr nicht bewanderten Geist einstürmt, bald heimisch fühlt. Ist das erreicht, so wird rasch ein neuer Vorzug der Hydrobiologie gegenüber der sonstigen Lebensforschung kund. Alle Einsicht in das Leben gewinnt der moderne Naturforscher sonst durch den Tod — hier aber durch das Leben selbst. Man braucht nicht aus Leichen, aus zerstückelten, veränderten Körpern die Spuren lebender Tätigkeit mühsam wieder herzustellen, sondern hat stets Leben vor sich, und dadurch bemerkt man beim Studium des Zellenlebens rascher und sicherer als sonst irgendwie, daß das Plasmaleben im Grunde nicht anders zur Welt steht als wir. Und so gewöhnt man sich von vornherein an die beste Errungenschaft neuerer Naturforschung, die da sagt, daß *Leben nicht unser Privileg, nicht eine Eigenheit des Menschen*, sondern, vom Denkerkopf bis zum Einzeller hinunter zwar in viele Stufen der Betätigung gegliedert, doch dasselbe sei!

Das bedeutet großen Gemüts- und Moralgewinn für den, der es einmal im Herzen erfaßt hat. Denn es prägt ihm das erhabene „das bist du!" der größten Religionsstifter unvergeßlich ein, und damit Achtung vor der Natur, wie man sie durch keine Schmetterlingsjagd oder Herborisation, ja so unmittelbar auch nicht durch Hegen und Lieben lebender Tiere und Pflanzen erwerben kann. Das kleine Tischchen, auf dem des Mikrologen ganzes Arbeitszeug Platz hat, die kaum 200 Mark, die ihn nach und nach seine Ausrüstung zu kosten braucht, sie schaffen einen so dauernden Gewinn, wie ihn keine Erdumseglung reicher bietet, durch die Bildungs- und Kunstreisen im Wassertropfen, die sie ermöglichen.

Denn durch dieses neue Schauen und Bewundern der Natur, die im Kleinsten am größten ist, wird das *Sichselbstbesinnen und Denken unvergleichlich angeregt*, und man tritt von der Kunstschule bald in den höheren Kurs der *Beobachtungsschule* ein. Man lernt scharf beobachten, auf die Einzelheiten, die vielsagenden kleinen Züge achten und wird im besten Sinn des Wortes scharfsinnig. Nach den großen Welt- und Entwicklungsgesetzen bringt man nun Schritt für Schritt zu den besonderen Lebensgesetzen vor. Man lernt eine Unmenge Formen kennen und unterscheiden und damit scharf darauf achten, *daß jede Form bedürfnisgemäß ist*. Die Formen sind einfach, daher läßt sich der Zusammenhang zwischen dem Bedürfnis und der Art seiner Befriedigung meist leicht durchschauen. Das wird sich sofort erhellen, wenn man einige Beispiele daraufhin betrachtet. Mustern wir den Fang, den wir von der Oberfläche eines Sees abgefischt haben. Nehmen wir an, der Fang enthält von Algen:

Ceratium hirundinella O. F. M.
Oscillatoria rubescens D. C.
Asterionella gracillima.
Raphidium polymorphum Näg.

von tierischen Wesen dagegen das Rädertier: Triarthra longiseta und die Krebschen: Bythotrephes longimanus Leyd., Diaptomus gracilis Sars., was z. B. dem Plankton des Zürcher Sees, natürlich nur zum Teil, entspricht (siehe das Bild).

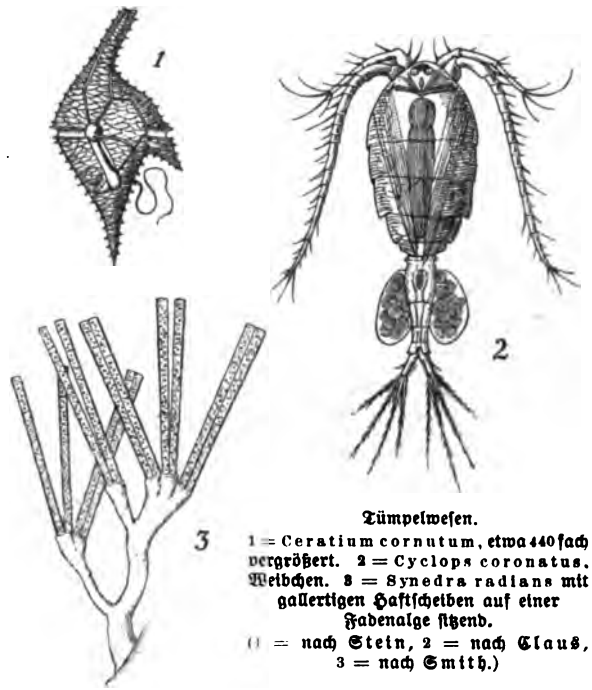


Planktonwesen.

1 = Ceratium hirundinella, 440fach vergrößert. 2 = Rhizosolenia longiseta. 3 = Atheia Zachariasi, zwei Planktonkieselalgen. 4 = Diaptomus gracilis, ein Ruderkrebschen, 300fach vergrößert. 5 = Bythotrephes longimanus, 200fach vergrößert. 6 = Triarthra longiseta, ein Rädertierchen, 120fach vergrößert. 7 = Tintinnidium fluviatile, ein Infusorium, 170mal vergr. 8 = Hexarthra polyptera, ein Rädertier, etwa 200mal vergrößert.

An allen diesen Wesen wird sofort das Zarte, Sylphidenhafte auffallen. Sie sind meist glashell, durchsichtig, bizarr gestreckt oder flach zusammengedrückt, viele mit flachen Scheiben, Borsten, Platten, langen Tastern, Hörnern versehen. Und eine

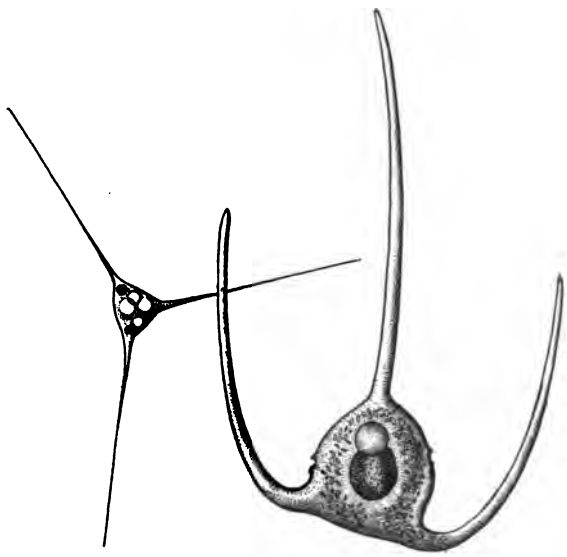
Minute des Nachdenkens sagt uns, daß sie ganz dem Schwimmen, d. h. also ganz ihrem Milieu und ihrer Lebensweise angepaßt sind. Dies ist eine schlagende Bestätigung des von uns schon erkannten Gesetzes, daß die Physiologie den Schlüssel der Erklärung bietet, wie die Lebensformen zustande kommen. Nur zeigt sich dieses Gesetz in neuer Form. Das Anpassungsgesetz hat hier seinen lebenden Kommentar; denn denkendes Betrachten dieser zappelnden Planktonwesen führt notgedrungen zur Einsicht, daß die Funktion das Formbildende sei, die Tätigkeit das Organentwickelnde, daß der lebende Körper sich funktionell selbst gestaltet — was eine der fundamentalsten Einsichten neuerer Naturforschung ist. Den Wahrheitsbeweis dafür gibt die vergleichende Forschung jedem Mikrologen in die Hand. Er braucht nämlich nur — um bei dem gewählten Beispiel zu bleiben — die Kieselalgen oder Ruderkrebschen oder Ceratien des Planktons mit denen zu vergleichen, die in engumschriebenen, mit Pflanzen durchwachsenen Tümpeln oder gar auf dem Wassergrunde leben und entweder festgeheftet sind oder doch einen erheblichen Teil ihres Lebens in Ruhe verbringen. Es sind fast stets andere Arten, was also bedeutet, daß die Körperformen stark verschieden sind von jenen der Schwebewesen. Ceratium hirundinella hat in der Pfütze ihr Gegenstück in einer Ceratium-Art mit stumpfen Hörnern (siehe das beistehende Bild), der Ruderkrebs der flachen Frühlingslachen hat bei weitem nicht so lange Antennen und sonstige Schwimmausrüstungen, wie der ewig schwimmende Gefährte im See, und die Durchsichtigkeit hat sich verloren; die Synedren, welche auf Wasserpflanzen aufsitzen, sind gedrungener, dafür entwickeln sie Gallertstielchen, d. h. also neue Anpassungen an neue Verhältnisse. Solche vergleichende Studien darüber, wie sich an verschiedenen Standorten dieselben Wesen durch funktionelle Selbstgestaltung umformen, bieten dem Mikrologen ein reiches, noch wenig bearbeitetes und doch viel Genuß bietendes und der Erkenntnis förderliches Arbeitsfeld, auf dem auch der Anfänger zwei der schwierigsten Lebensgesetze leicht bis in die Tiefe versteht. Das zweite ist nämlich das Gesetz der Konvergenz, das da besagt, daß, trotz verschiedener Abstammung, durch funktionelle Selbstgestaltung die mannigfaltigsten Wesen (Krebse, Würmer, Einzeller, Pflanzen) doch zu gleichen Anpassungen kommen. Die Ausleger der Bythotrephes-Krebse und die Schwebestangen der marinen Peridineen (siehe nachfolgendes Bild), die rudernden Fiedern der



Tümpelwesen.
1 = Ceratium cornutum, etwa 440fach vergrößert. 2 = Cyclops coronatus, Weibchen. 3 = Synedra radians mit gallertigen Haftscheiben auf einer Fadenalge sitzend.
(1 = nach Stein, 2 = nach Claus, 3 = nach Smith.)

Hexarthra genannten Rädertierchen (siehe das Bild auf S. 24) und die Wimperfiedern der Tintinnidium-Infusorien sind Belege solcher Konvergenzerscheinungen. Sie machen es im einfachsten dann leicht verständlich, wie es nur möglich war, daß eine Eidechse Schlangengestalt annehmen konnte (der Fall Blindschleiche), ein Säugetier als Fisch erscheinen kann (der Fall Walfisch), oder daß Moose im kleinen so auftreten wie Farne im Großen.

So lernt man die ungeheure Maskerade verstehen, welche die lebenden Wesen durch ihre Anpassungen treiben. Damit ist aber die ganze eine große Hälfte der Lebenserscheinungen verstanden. Und von da an dringt das Verständnis ungehemmt in vorher unzugängliche Tiefen. Man kann, nachdem man einmal Vielfältigkeit und Bedeutung der Anpassungen durchschaut hat, von ihnen abstrahieren und wird so endlich mit dem zweiten Hauptteil der modernen Lebensforschung, mit den elementaren Lebensfunktionen bekannt. An den Einzellern, als den niedrigsten Lebewesen, lernt man, daß bis zur letzten Vereinfachung doch einige Haupteigenschaften vorhanden sind. Sie sind es, die man als Elementareigenschaften des Lebens betrachten muß. Als solche prägen sich dem Mikrologen ein: Ernährung, Wachstum (und davon untrennbar Fortpflanzung) und Empfindung für Reize, die entsprechend verwertet werden.



Analoge Organe der Einzeller.
Schwebestangen von Ceratium tripos in der Ostsee und der Amöbe Dactylosphaerium radiosum aus dem Plattensee.
(Nach der Natur.)

Eine wichtige und sonst ohne großen Aufwand von Mitteln unerreichbare Belehrung ist dies, die ihre wohltätigen Folgen hauptsächlich darin geltend macht, daß sie den, der sie erlebte, von der leidigen Vermenschlichung befreit, in die wir immer geraten, wenn wir das Leben nach seiner Ähnlichkeit mit dem unseren abwägen, daß sie ihn dafür nachdrücklich auf das wirkliche und richtige Lebenselement: auf die Zelle hinweist, aus deren Eigenschaften und Fähigkeiten alle anderen zu erklären und abzuleiten sind.

Man studiere das Benehmen, die Nahrungsaufnahme und Vermehrung einer Amöbe, einer Euglena, eines höheren Wimpertierchens (z. B. Vorticella), einer Volvocineen-Kolonie und eines Rädertierchens.* Durch diese fünf Wesen erlangt man so viel Bildung, Kenntnisse und Geistesanregung, daß man von da an — ich kann es garantieren — dauernd mit neuem und durchdringenderem Blick auf Welt und Menschenleben sieht und sich in vielen Rätselfragen von selbst zurechtfindet.

* die alle in jedem Tümpel überall auf das leichteste zu erlangen sind.

Der Bau der Pflanze, des Tieres, des Menschen, nicht minder ihre Eigenschaften, sind von dieser Stunde an verständlich wie ein angenehm lesbares Buch. Bevor die Wissenschaft das Mikroskop hatte und bevor sie es zur gründlichen Beobachtung der Ein- und Wenigzeller anwandte, watete sie ratlos in einem Sumpf von Irrtümern und geriet manchen Irrlichtern zuliebe immer tiefer hinein — genau so wie auch der Einzelne ohne mikrologische Selbstbildung.

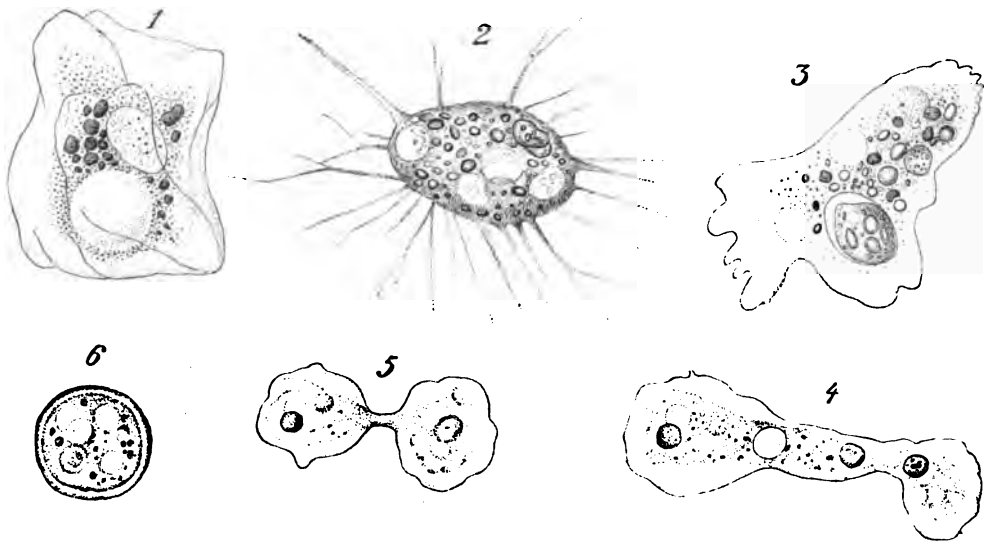
Ich will es kurz sagen, worin das durch das Mikroskop Gewonnene besteht! Man weiß nämlich von da an, daß alle lebenden Wesen einzelne Zellen oder Zellenstaaten sind; daß also alle pflanzlichen, tierischen oder menschlichen Eigenschaften auf Zelleneigenschaften beruhen, weil die Zelle, d. h. ihr lebender Grundteil: das Protoplasma, unser aller Mutter ist, welche die prachtvolle Eigenschaft hat, sich stets zu verjüngen, indem sie sich vermehrt und so die einmal vorhandenen oder neu erworbenen Eigenschaften stets reproduziert.

Man nenne mir doch nur irgend eine Tatsache der Weltgeschichte, die für den Menschen von mehr Wichtigkeit sein kann, als diese Entdeckung und Einsicht, wenn nur alles das aus ihr abgeleitet wird, was aus ihr notwendigerweise folgt! Natur und Mensch nimmt für den, der solches weiß, ein verändertes Antlitz an. Wir erkennen dadurch Tiere, Pflanzen und Einzeller als gleichberechtigte Wesen, als „unsere Brüder in Busch und Wald", wir lassen dadurch jeden Irrglauben fallen, als sei der Mensch nicht ausschließlich Natur, als habe er die Wurzeln seiner Kraft auch anderswo als in der Natur. Was bedeutet diese Sicherheit dem Philosophen, wenn er sie zum Ausgangspunkt seines Denkens nimmt! Was hat sie dem Rechtsforscher, dem Soziologen, dem Ethiker zu geben, wie stellt sie alles Menschliche, alle Bildung fest und sicher auf die Erde in einer neuen Rangordnung der Dinge, die freilich mit mancher Tradition und manchem historisch Überkommenen bricht, weil eben Gesundheit und Leben auf die Dauer doch mächtiger sind, als alles noch so altehrwürdige, durch die Jahrhunderte geheiligte Herkommen.

Darum sollte jedem angehenden Denker, jedem, der es sich zum Berufe macht, die Menschheit an irgendeinem Punkte des weiten Kreises ihrer Geistigkeit zu fördern, also jedem Gebildeten, die Lebensgeschichte und Lebenseigenheit dieser fünf Zellenwesen von Grund aus erläutert und zugänglich gemacht werden!

An der Amöbe lernt er die einfachste Lebensform kennen und daß sich Leben nicht an eine bestimmte Form bindet, denn die Amöbe ist ja formlos. An ihr sieht er, daß der Begriff des Lebens auch nicht an eine bestimmte Organisation geknüpft, sondern etwas Physiologisches ist, eine Fähigkeit, eine Energie, die, allerdings an Stoff (Protoplasma) gebunden, ihn und seine Eigenschaften aber nur als Mittel verwendet. An der Amöbe lernt man, daß die einfachste Art, also das Wesen der Nahrungsaufnahme darin besteht, Stoffe, die sich zur chemischen Erneuerung des Plasmas verwenden lassen, durch aktive Bewegungen in sich aufzunehmen. Die so bewirkte Stoffvermehrung führt zur Umfangsvergrößerung, die man Wachstum nennt, und schließlich zu einer Zerlegung des Lebenskomplexes in zwei gleichwertige und gleichbefähigte Stücke, als der Urform aller Fortpflanzung, die sich dadurch also wieder als ein im Wesen dynamischer Vorgang erweist.

An den Bewegungen der Amöbe, an ihrer Unterscheidungsfähigkeit dem Lichte, der Wärme und Nahrungskörpern gegenüber erkennt der Beobachter, daß auch die Empfindung zu den elementaren Eigenschaften des Lebensstoffes gehören muß. Aber an der besonderen Eigentümlichkeit der Amöben, daß sie auf schädliche Einflüsse, als da sind: Überreizung, gefährliche Konzentration der im Wasser gelösten Salze, durch Ausscheidung einer Kapsel dem Bedürfnis entsprechend antworten, ersieht er, daß das Urbild der psychischen Kräfte des Menschen schon in der Amöbe steckt, die ja dem tierischen Ei in allem entspricht.

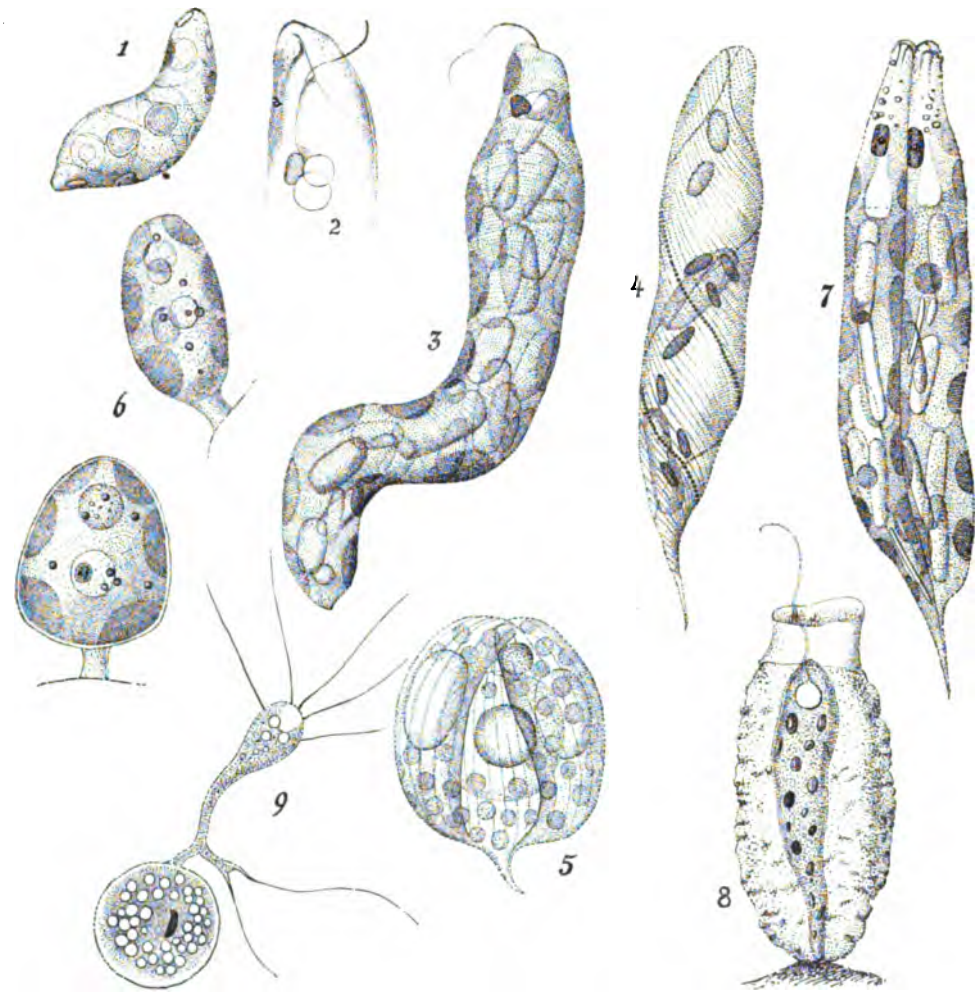


Der Lebenskreis der einfachsten Zellen (Amoeba).
1 = Amoeba terricola aus feuchtem Waldmoos mit Zellkern, Vakuole und Verdauungsresten. 2 = Amoeba (Pelomyxa) radiosa, Pseudopodien bildend. 3 = Amoeba proteus, fließend und im Begriff, aufgenommene Euglenen und Chlamydomonaden zu verdauen. 4—5 = Amoeba proteus, in Teilung begriffen. 6 = Amöbe eingekapselt. Etwa 450fach vergrößert. (Originale des Verfassers.)

Die Euglena-Zelle, durch deren Betrachtung man dann tiefer in das Wesen des Lebens eindringen kann, zeigt sofort den Fortschritt der Organisation, den eine spezialisierte Tätigkeit nach sich zieht. Die Euglenazelle hat zwar noch die Veränderlichkeit der Körperformen, aber bereits eine derbe Haut abgeschieden, mit deren Festigkeit (die sich bis zum wahren Panzer und Gehäuse steigert) die Metabolie abnimmt. Dieser Festigung entsprechend, hat die innere Arbeitsteilung zugenommen. Während bei der Urzelle jeder Körperteil alles ist, wird hier zum ersten Mal der Begriff des speziell angepaßten Organs deutlich. Die funktionelle Selbstgestaltung kann also hier schon mit Nutzen studiert werden. Die Bewegungen haben ihr besonderes Organ: den langen Faden, den man Geißel nennt. Dadurch erhält der Körper Orientierung; das Geißelende ist beim Schwimmen stets voran, wodurch es sich von selbst bedingt, daß bei solchen Wesen Nahrung am Vorderende aufgenommen wird, ebenso, daß dort die Organe sitzen müssen, welche die Reizempfindung vermitteln. Die Euglenen haben vorn eine Mundöffnung, sie haben vorn den bekannten roten Fleck, dem wir nach allem, was wir davon wissen, besondere Fähigkeit zur Lichtempfindung zuschreiben müssen, der also das erste Sinnes-

organ ist. Vorn sind auch die tätigen Blasen, in welche aus dem Zellkörper Säfte sickern, die durch der Blase Spiel in das Schlundrohr befördert werden.

Die Euglena macht aber außerdem noch mit neuen Organen und Funktionsbegriffen bekannt. Sie ist der klassische Beleg, daß Pflanze und Tier dasselbe



Der Lebenskreis der Euglenen.

1 = Euglena minima. 2 = E. Ehrenbergii, Vorderende mit dem Membrantrichter, in dem die Geißel entspringt, dem Augenfleck und dem Vakuolensystem. 3 = E. deses mit Chlorophyllscheiben und Reservestärke. 4 = E. spirogyra mit Zellhautstreifung und Verdickung. 5 = Phacus alata, eine starre Form mit Schwimmanpassungen. 6 = Colacium vesiculosum, eine an Krebsen festsitzende Form, mit Gallertstielen als Sonderanpassung. 7 = Längsteilung von E. acus. 8 = Ascoglena vaginicola, eine sitzende Form, mit Gehäusebildung als Sonderanpassung. 9 = Eine ruhende Euglena, vom Schmarotzerpilz Polyphagus Euglenae befallen. Etwa 600fach vergr. (1—7 = Originale des Verfassers. 8 = Nach Stein. 9 = Nach Nowakowski.)

sind, denn sie ist beides zugleich. Sie lehrt uns damit, daß Botanik und Zoologie notwendigerweise verschmelzen müssen zur Biologie, denn sie erläutern einander.

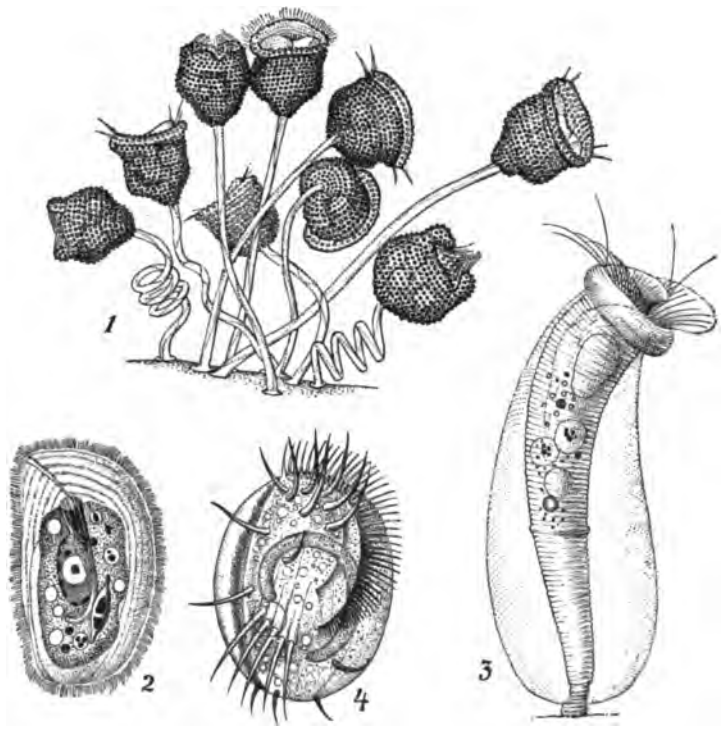
Euglena ist grüngefärbt. Sie hat Plasmabänder und -scheiben im Leibe, die Chlorophyll führen. Dieses Blattgrün ernährt die Zelle auf chemische Weise: Kohlen-

dioxyd und Wasser zerlegt es im Lichte und schafft Kohlenhydrate daraus. Diese aber sind ein wichtiges Baumaterial, aus dem sich das Plasma erneuern kann. Man sieht eine seiner Erscheinungsformen als Stärke in den Euglenazellen aufgehäuft. Das ist also die pflanzliche Lebensweise im Gegensatz zu der tierischen der Amöbe. Sie macht es verständlich, warum die Pflanze die Bewegungsorgane, die ihr ursprünglich zur Verfügung standen, nicht weiter entwickelt hat. Denn die Pflanze braucht nicht umherzuschweifen, um leben zu können. So reduziert sich der sonst so wesentlich und ungeheuer erscheinende Gegensatz von Tier und Pflanze einfach auf die Folgen verschiedener Lebensweise derselben Kinder einer Stammutter.

Dies sind jedoch noch nicht alle durch das Studium der Euglenen vermittelten Elementarkenntnisse. Es gibt sehr verschiedene Euglenen (siehe das Bild), während die Amöben viel gleichartiger sind. Mit der Höhe der Organisation steigt also die Variabilität. Das ist nur natürlich, denn ein komplizierter Bau kann viel mehr variiert werden, als ein primitives Zelt. Aber bei dem Rückblick auf das Studium der Amöbe ergibt sich, daß dies nur an dem Material der Bauten und nicht so sehr an den Qualitäten des Baumeisters liegt. Denn es gibt Amöben (vergl. das Bild Bd. I, S. 71), die mit Sandkörnchen Gehäuse bauen, und diese sind dann ebenfalls unendlich mannigfaltig. Der Schluß daraus ist: die sinnverwirrende Vielheit der Tier- und Pflanzenformen erscheint uns nun als eine natürliche Sache. Wenn man beachtet, daß nur die Euglenen, die sich gern an feste Gegenstände anheften (Colacium und Ascoglena-Arten), Stiele bilden, an denen sie wie Blätter haften (siehe das Bild), hat man den Schlüssel zur Formenvielheit in der Lebewelt in Händen. Die Mannigfaltigkeit, oder mit einem anderen Wort: die Artenbildung ist ein Ausdruck der vieltausendfachen Anpassungen an die Umgebung, d. h. an die Lebensverhältnisse. Der Mikrologe weist dadurch dem Systematiker die entzückende und fesselnde Aufgabe zu, die „systematischen" Formen aus ihrer Lebensweise genetisch zu erklären (was auch der Leitgedanke dieser Abteilung meines Werkes ist).

Ferner kann man sich nicht davor verschließen, daß es unsinnig ist, wenn Euglena, die nicht zu schwimmen braucht, dennoch herumrudert, daß die grünen Formen, die keine feste Nahrung aufnehmen, dennoch eine feste Mundöffnung haben. Da steckt wieder ein Fortschritt der Erkenntnis! Solche Dinge deuten an, daß sich bei den lebenden Wesen das einmal erworbene Anpassungsgut nicht so leicht mehr verliert, sondern durch die Vermehrung, die auch bei den Euglenen eine — wenn auch besser geregelte — Teilung ist, sogar dann reproduziert wird, wenn es seinen Sinn verloren hat. Der Änderling lehrt damit die Elemente der Stammesgeschichte, den Begriff des Phylogenetischen, der Abstammung kennen und die Organismen als historische Wesen einschätzen. Und damit erhellt sich der Organismus als eine Synthese, gewissermaßen als ein harmonischer Ausgleich zwischen ererbten und erworbenen Eigenschaften, wodurch er ungemein an Verständlichkeit gewinnt und man in ein neues Gebiet, in das der Stammesgeschichte eingeführt wird. Einmal so weit gelangt, findet man bei den vielfachen Versuchen, die im Wasser sich tummelnden Geschöpfe genetisch zu erklären, d. h. sie auf ihren Ursprung zurückzuführen, daß es eine gewisse Anzahl von Urtypen gibt, zwischen denen uns heute die verbindenden Zwischenformen fehlen, die aber als die Stammütter großer Organismengruppen an-

gesehen werden müssen. Die Amöbe ist eine Urform, aus der sich ungezwungen durch die Annahme fortschreitender und sich häufender Anpassungen eine ganze Menge Wesen tierischen Charakters ableiten läßt. Die Euglena ist ein anderer Typ, der zu den Pflanzen führt, und so läßt sich im Verlaufe fortgesetzter Studien allmählich eine ganze Reihe solcher Typen erkennen. Sie führt uns mit sicherem Sachverständnis in die Vorgänge der stammesgeschichtlichen Entfaltung des ganzen Tier- und Pflanzenreiches aus einfachen, im letzten Grunde einzelligen Wesen auch praktisch ein, nachdem durch naturphilosophische Betrachtung des Wasserlebens bereits ein allgemeines Urteil über die große Idee einer Lebensentwicklung und deren Abhängigkeit von Bedingungen gewonnen wurde.

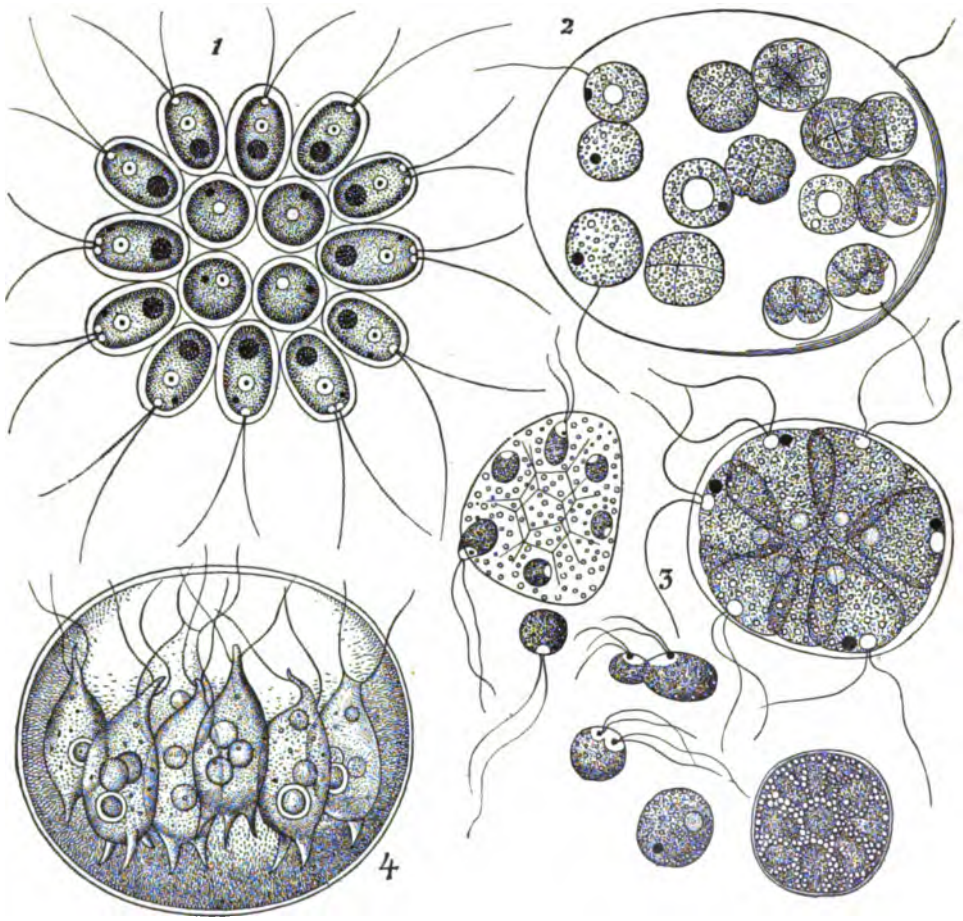


Wimperzellen.
1 = Kolonie von Vorticellen (V. monilata). 2 = Chilodon cucullulus mit Reusenapparat. 3 = Cothurniopsis astaci mit Gehäuse. 4 = Euplotes Charon mit verschiedenen Wimpersystemen. 150—200fach vergrößert.
(1—3 Originale des Verfassers, 4 nach Stein.)

Wer jedoch glaubt, es seien nun schon alle Grundgesetze belebter Natur durchschaut, dem wird das Studium von Wimpertierchen, Volvocineen und Rädertieren erst recht erweisen, daß trotz dem schon erlangten Reichtum an Einsichten der „Elementarkurs der Biologie" noch lange nicht zu Ende ist.

Ein Wimpertierchen — sei es nun eine Vorticellen-Kolonie, ein Stentor, ein Pantoffelzellchen (Paramaecium), ein Schildtierchen (Euplotes) [siehe die Bilder] oder sonst eines dieser allüberall zu findenden Wesen — wird dem Verstand unendlich viel zu sagen haben über die innere Organisation und Vollkommenheit der Zelle, und das wird vor allem den Begriff erweitern, den man sich von dem Innenleben und den energetischen Fähigkeiten der Zelle machen muß! Wie sie eine Vielheit an Organen hervorbringt, im Zellkern und seinen Nebenorganen Hilfsmittel, um die Vererbung der Eigenschaften gerecht und billig besorgen zu können, in Mund- und Afteröffnung, Ableitungsröhren, kontraktilen Blasen, in Sinnesorganen, Exkretstoffen, im Wimperapparat eine Fülle von Mitteln zum Bewegen, Schwimmen, Springen, Steuern, Schutz und Nahrungsbeschaffen. Ferner, in welch feiner und wohlabgewogener Arbeitsteilung das alles sich gegenseitig unterstützt in sinnvollem Tun, mit Hilfe von Muskel-

fäden und Trichocysten, als ein Organismus und als verkleinerte Kopie der großen Organismen im Rahmen einer einzigen Zelle — als Zeugnis dafür, daß man der Zelle „an sich" schon einen guten Teil der Tätigkeiten und Fähigkeiten zuschreiben muß, die unentwickeltes Wissen für das Privileg höherer Tiere oder gar des Menschen hält. Die Muskeln sind Zellbestandteile, die Sinne sind Zellsinne, die Bewegungsfähigkeit geht auf Zellbewegungen zurück, die Ernährung ist eine Zellentätigkeit, das Urteilende, Ver-



Volvocineen als Beispiele für Zellengesellschaften und Fortpflanzung.
1 = Gonium pectorale, 325fach vergrößert. (Nach Stein.) 2 = Eudorina elegans in ungeschlechtlicher Vermehrung durch Teilung. (Nach Göbel.) 3 = Pandorina Morum, Kolonie und Bildung von Gameten, die sich paaren und Zygosporen bilden, als Urbild der geschlechtlichen Fortpflanzung. 480fach vergr. (Nach Pringsheim.) 4 = Stephanosphaera pluvialis, 8zellige Kolonie. 600fach vergrößert. (Nach Hieronymus.)

nünftige, Wählende im Lebensgeschehen ist eine Zellfähigkeit. Mit diesen, durch die anziehendsten Bilder fest eingeprägten Belehrungen schließt der Unterricht durch die Wimperzellen, der die Zelle am Höhepunkte ihrer harmonischen Vollentfaltung kennen lehrt.

Die nächste Lehrstunde wiederholt dasselbe ins Botanische übersetzt. Volvocineen sind aus grünen Wasserlachen und Regenpfützen fast stets leicht zu beschaffen, sei es nun das lustig tanzende Blättchen, das der Algologe Gonium nennt, oder die hell-

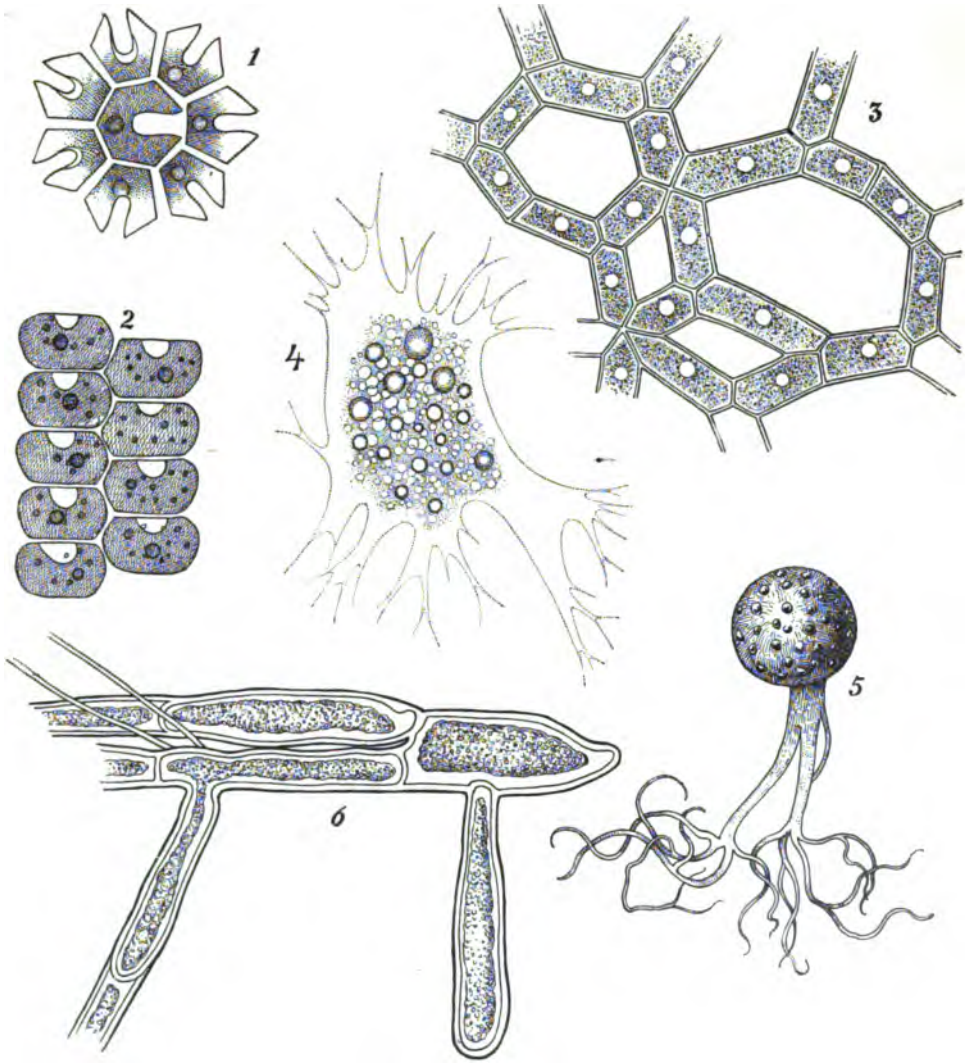
grünen Pandorina-Trauben, welche die gemeinsten Vertreter dieser Familie in den heimischen Gewässern sind, während Eudorina und Volvox oder gar Stephanosphaera sich schon rar machen.

Wie kann man von ihnen Neues hinzulernen? Die Grundform der pflanzlichen Zelle lernt man kennen, das zarte Bläschen, das sich mit einer festen Zellhaut abschließt, weil es nicht so viel auf die Außenwelt rechnet wie die tierische Zelle, sondern sich mehr zum chemischen Laboratorium mit feinen und verschwiegenen Künsten umgestaltet. Das Chlorophyllleben lernt man beobachten: diesen Wunderstoff, der als Scheibchen und Band in allen grünen Pflanzen haust. Die pflanzlichen Lebensweisen und Genüsse werden nun vertraut: das Reich der sanfteren Naturgewalten tut sich auf, mit denen die Pflanze haushält. Ihr Lichtsinn, ihre Sonnensehnsucht, ihr Feingefühl für die chemischen Qualitäten kann in einfachen und in interessanten Versuchen den grünen und farblosen Algen, den Volvocineen, Polytomeen, Bakterien und Wasserfäden abgefragt werden. Waren die Infusorien Raubtiere, die Amöben Pflanzenfresser, so sind Pandorinen reine Assimilanten, die Euglenen aber Halbsaprophyten, die neben Pflanzennahrung auch noch von Fäulnis- und Abfallstoffen naschen, und die Schmarotzerpilze, die man so oft auf ihnen findet (siehe das Bild auf S. 29), sind die reinen Parasiten, die heimtückisch mit Giften morden, um leben zu können. In einem Wassertropfen ziehen so die ganzen Grundbegriffe botanischer und tierischer Ernährungsphysiologie an dem lernbegierigen Auge in lebenden Beispielen vorbei.

Doch nicht dessentwegen allein empfehle ich diesen Betrachtungsgegenstand, sondern weil er ein neues, vielleicht das allerwichtigste aller Organisationsgesetze demonstriert, das nach Ernährung, Reproduktion und Empfindung die Erhaltung und Entwicklung des Lebens sichert. Das ist das Prinzip der gegenseitigen Hilfe, wie es sich in lockerer und dauernder Vereinigung von Einzelzellen kundgibt. Von hier aus ist die Brücke geschlagen zum Gemeinbegriffe von Pflanze, Tier und Mensch.

Schon die Vortizellen setzen sich zu Kolonien zusammen, und manche Einzeller treiben sich in Schwärmen umher, aber im wohlgeordneten Verband, mit Gemeinorganisation und Arbeitsteilung traten uns die Zellen noch nicht entgegen. Hier ist auch dies Wirklichkeit. Nach der Teilung zerstreuen sich die Abkömmlinge einer Pandorina- oder Eudorina-Zelle nicht, sondern rücken zusammen, legen sich in bestimmte Ordnung, die verschieden ist und verschiedene Gattungen zu unterscheiden gestattet. Ein solches Coenobium ist bald locker gefügt (Eudorina, Gonium), bald innig verbunden (Volvox), es steigt auf zur Gesetzmäßigkeit, zur Scheiben- und Kugelbildung, und es beginnt eine höhere Stufe des Lebens: der Staat. Wenn man einmal bekannt geworden ist damit, dann macht es großes Vergnügen, die verschiedenartigsten solcher Republiken und „Wohnungsgemeinden“ und Zellstädte im Weiher aufzusuchen. Denn ihre Verfassungen und Bauordnungen sind sehr mannigfaltig. Was man in der Pflanzen- und Tieranatomie Gewebebildung nennt und nur schwer versteht, wird von den Wasserwesen gleichsam in übenden Versuchen hervorgebracht und wie in einem Museum in Sumpfgräben und Weihern ausgebreitet. In einfach parenchymatischem Verband stehen die Zellen der Volvox-Kugel (siehe die Tafel Bd. II, S. 72); prosenchymatisch sind die langgestreckten Zellfäden der Konfervaceen, verschmolzen sind die Zellen einer Vaucheria (Bild siehe Bd. II, S. 500) oder die Plasmodien niederer Algenpilze

(Vampyrella); Zellscheiben bilden das reizende Pediastrum oder die Chätophoren, Netze und das Urbild der Spongiosa das überaus liebliche Wassernetz (Hydrodictyon), nach allen Dimensionen wohlgegliederte Gewebekörper die höheren Tange, die im Verein mit Konferven und Armleuchtergewächsen auch mit den Elementar-

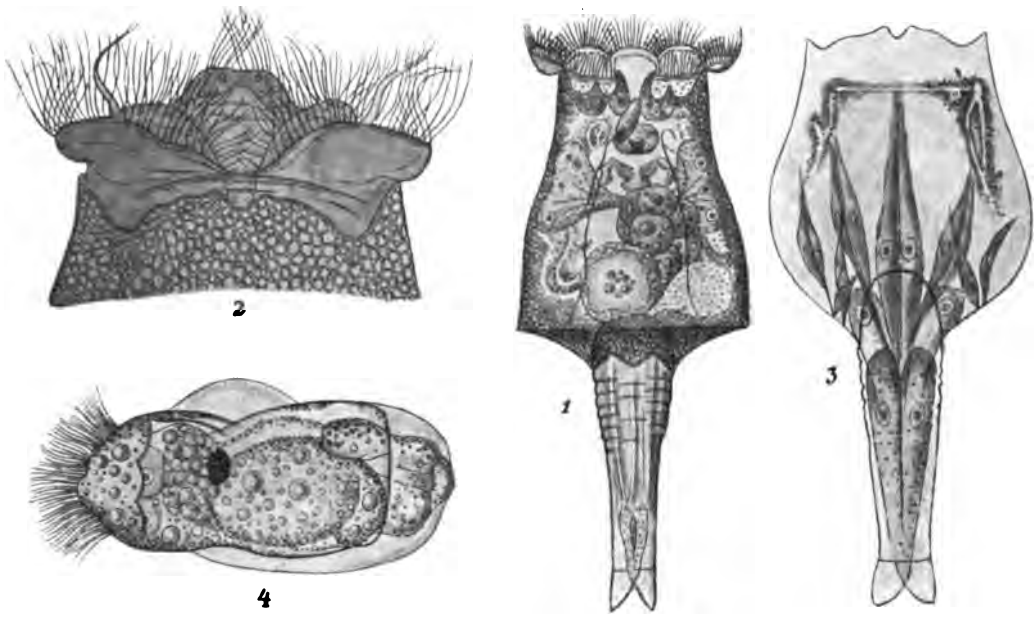


Urbilder pflanzlicher Gewebebildung unter den Algen und Pilzen.
1 = Pediastrum Rotula. 2 = Scenedesmus obtusus, als Beispiele parenchymatischer Lagerung. 3 = Hydrodictyon reticulatum, als Beispiel eines Netzparenchyms. 4 = Vampyrella lateritia, Plasmodium durch Zellverschmelzung entstanden. 5 = Botrydium granulatum, Zellkörper mit Wurzelbildung, durch Zellverschmelzung entstanden. 6 = Cladophora fracta, Teil eines Zellfadens mit prosenchymatischen Zellen und verdickten Zellwänden. (Mit Ausnahme von Fig. 1, 2 und 4 sehr schwach vergrößerte Originale des Verfassers.)

gesetzen morphologischer Gliederung höherer Pflanzen bekanntmachen. Zellhautschichtung, Zellhautverdickung, Schleimabsonderung und die sonstigen chemischen Baukünste werden durch die Betrachtung der Kieselalgen und Wasserfäden dem Mikrologen

geläufig. Ein grundlegender Kurs über die Vorgänge der Befruchtung endlich wird ihm in spannendster Weise zuteil, wenn in seinem Aquarium Pandorina (siehe das Bild) und Volvox, Spirogyra und Oedogonium, Vaucheria und Pinnularia beginnen, sich zu paaren und Sporen auszuwerfen.

Und wenn der durch so viel Unerwartetes aufs höchste angeregte angehende Mikrologe sich durch die vorhergegangenen vier Übungen schon im Geiste das verwickelte Getriebe eines lebenden Zellenaggregates, sei dieses nun Tier oder Pflanze, rekonstruieren kann, dann ist er befähigt, alles, was er gelernt hat, in trefflichster Konzentration zu wiederholen und erst wirklich fruchtbar zu machen durch das Studium



Der innere Bau eines Vielzellers, des Rädertierchens Brachionus quadratus.
1 = Weibchen, vom Rücken gesehen. 2 = Räderorgan, von der Bauchseite gesehen. 3 = Gestaltung einiger wichtiger innerer Organe. Oben Nierenorgane (Nephrydien). In der Mitte Muskeln. Im Fuß Fußdrüsen. 4 = Embryo, zum Teil von der Eihülle umschlossen, mit der Primäranlage des Räderorgans, Gehirns, des Augenfleckes, des Magens, der Harnblase (mit Konkrementen), des Afters usw. 200—400fach vergrößert. (Original des Verfassers.)

irgendeines der häufigeren Rädertierchen und Wasserflöhe. Als solche bieten sich ihm in jedem pflanzenreichen, klaren Tümpel etwa Brachionus oder Hydatina und Notommata, von Krebschen aber Daphnia, Simocephalus, Bosmina oder Ceriodaphnia meist in wahren Prachtexemplaren an. Wer solch ein Tierchen lebendig unter dem Mikroskop mit Verständnis studiert, kann wahrlich Essen und Trinken vergessen. Ich übertreibe nicht und urteile auch nicht nach meinen eigenen Gefühlen, sondern nach den entzückten Ausrufen und nach der Erregung aller jener, denen ich solche Augenweide zum erstenmal geboten.

Ein Brachionus (siehe das Bild), den man mit gehöriger Vorsicht stundenlang unter das Vergrößerungsglas bannen kann und gar nicht zu töten braucht, um ihm alle seine Lebensgeheimnisse zu entlocken, gibt uns erst den gehörigen Aufschluß, bis

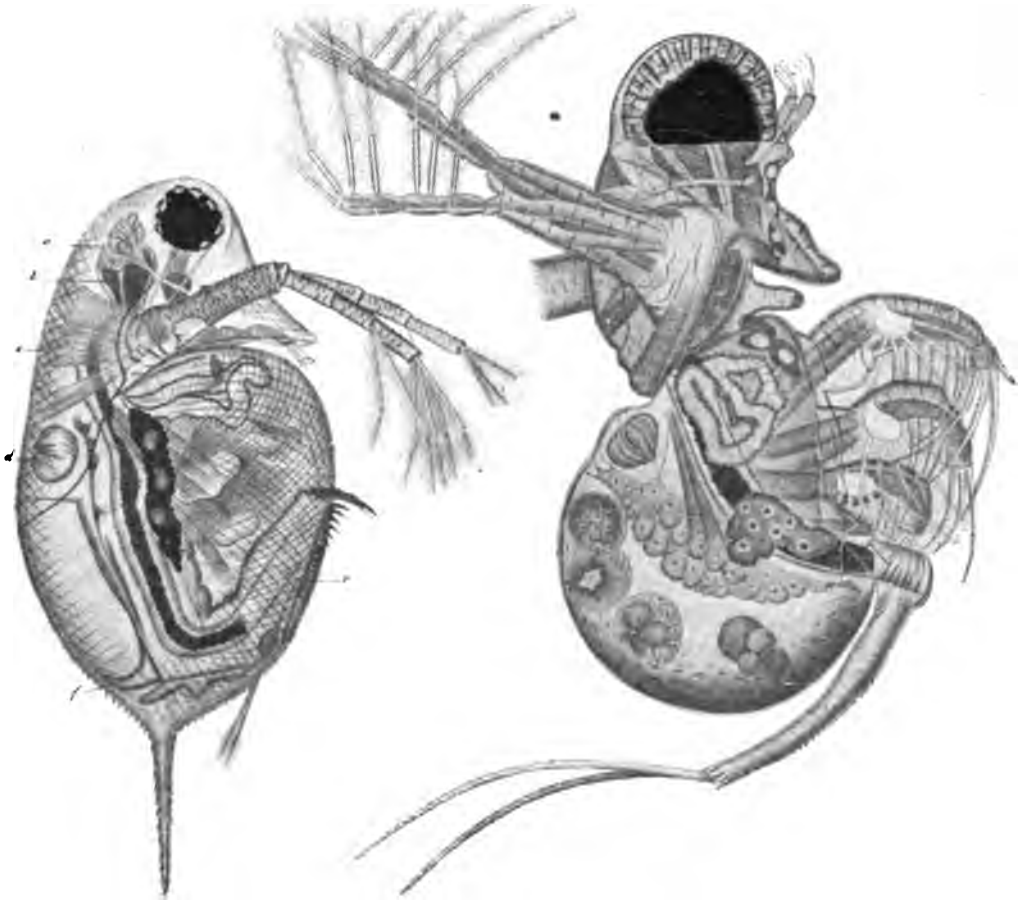
zu welcher Vollkommenheit die schwachen Versuche der Einzeller zur Sozialisierung gediehen sind. Was man an ihm sieht, schlägt die Brücke zwischen Zelleben und dem aus täglicher Erfahrung bekannten Bild lebender Wesen, Organe und Tätigkeit. Damit ist es die Hochschule des Verständnisses für die Zellen- und Lebenskunde, denn aus allem ergibt sich klar, daß die merkwürdigen Organe, die ein Rädertierchen birgt, nichts anderes als Zellgenossenschaften, Anhäufungen von Zellen sind, die nach ihrer Vermehrung in bestimmter Gesetzmäßigkeit beisammen bleiben, sich aneinander so richten und anpassen (Korrelationsgesetz), daß sie auch zusammenwirken und höhere Eigenschaften herstellen können. Das Geheimnis, das um das Wesen der Organismenwerdung schwebt, ist damit gemeinverständlich geworden. Wer das einmal sah und in seinen Zusammenhängen erfaßte, hat sich damit selbst gefunden, denn nun erst hat er sich verstanden. Er fühlt sich von da an auch als das, was er wirklich ist: als Zellenorganismus, der mit allen anderen Zellenorganismen wesensgleich ist.

Wenn er im Rädertier eine Kugel grauer Zellen sieht, daran ein rotes Auge hängt, hat er eine deutliche Vorstellung vom Wesen des eigenen Gehirnes. Wenn er die Kiefer auf- und zuklappen und den in sie geratenen Bissen zermalmen sieht, wenn er den Weg des Genossenen verfolgen kann durch den Magen und Darm bis zur Entleerung, wenn er beobachtet, wie Drüsen ihr Sekret der Verdauungsflüssigkeit beimengen, wie das Verdauliche in den Körper übergeht, wie Gefäße den Harn ableiten, in eine Blase sammeln, die sich entleert, wie alle Bewegungen durch Muskeln erzeugt werden, an welche auch Nerven gehen, wie innere Bewegungen durch das Flimmern von Wimpern hervorgebracht werden, wie Taster und Härchen Sinnesreize aufnehmen, auf die das Ganze sinnvoll antwortet; wenn er in dem ganzen Mikrokosmos, so verwickelt und menschenähnlich er auch ist, doch überall die Elementarteile, die Zellen, erkennt, die hier verwandelt sind in hundert Gestalten, mit Aufbietung tausendfacher Anpassungen, betätigt in all ihren Kräften, und doch nur immer wieder das Wunderkönnen der Einzeller wiederholen und die höhere Leistung nur durch Arbeitsteilung, nur durch die vereinten Kräfte erreichen — wenn er, so handgreiflich eingeführt in das Räderwerk des Lebens, merkt, daß dieses ganze Leben, ob Tier, ob Pflanze, auf ein einziges Wunder, auf die Elementareigenschaften des Plasmas, zurückgeführt werden kann und dann kein Geheimnis mehr für uns hat — steht er dann nicht auf einem Höhepunkt menschlicher Erkenntnis? Wird er dann nicht etwas empfinden, als habe er eine göttergleiche Eigenschaft erlangt, als sei er für sich selbst durchsichtig geworden und damit auf die höchste Stufe des Selbstbewußtseins gestiegen?

Man vermag es kaum zu ermessen, wie fruchtbar für das Denken und die „Menschenerklärung" die ihm nun aufgehende neue Überzeugung ist, daß alles, was in jedem lebenden Wesen geschieht, daß jeder Atemzug, jede Bewegung, der Blick des Auges, das erste Wimmern eines Neugeborenen und das begeisternde Wort des reifen Mannes stets der Ausdruck einer Massenpsychologie, das Zusammenwirken von tausend und zehntausend Einzelwesen, von Zellen ist! Erst wenn man das weiß, versteht man, daß es eine der wichtigsten aller Bildungsbeschäftigungen und Kulturtaten ist: das Wesen, den Bau, das Leben, die Fähigkeiten dieser einzelnen Zellen zu erkennen, denn aus ihnen erbaut sich der Mensch und der Menschengeist. Das geht aber nur durch die Mikrologie!

Und wer etwa fürchtet, durch diese Zerlegungen über den Einzelheiten das Verständnis für das Ganze zu verlieren, dem bietet dann gerade wieder die mikroskopische Welt ein Korrelativ gegen diese Gefahr, denn sie gibt ihm die sinnigste Belehrung über den Zusammenhang und das planmäßig einheitliche Wirken der Teile.

Ein Ruderkrebschen, wie die hier abgebildeten, ist so durchsichtig als ob es aus Glas wäre. Und an diesem gläsernen Modell des Lebens lernt man die Korrelation,



a) Weibchen des gewöhnlichen Wasserflohes (Daphnia longispina). b) Weibchen des Süßwasserkrebschens (Polyphemus oculus) etwa 380fach vergrößert.
(Nach Leydig, Naturgeschichte der Daphniden.)

den Einklang, das Ineinandergreifen der Mechanismen und Tätigkeiten wieder auf höherer Stufe kennen als bei den Rädertierchen. Es ist der Übergang von der Histologie zur Anatomie. Man sieht, wie in dem Wasserfloh die Blutkörperchen durch alle Lücken rollen, die bei ihm die Adern vertreten, aber man kann zugleich das ganze Herz (d) überschauen, wie es mit gemessener Eile schlägt, um das Uhrwerk im Gange zu erhalten. Man erkennt im fruchtbaren Leibe des Daphnia-Krebschens das winzige Ei, in dem sich die erste Wandlung vollzieht, die aus ihm eine neu belebte Kopie des Ganzen her-

vorzaubern wird. So wie man an dem befruchteten Ei der Algen Schritt für Schritt die Teilungen verfolgen kann, durch welche die Stammesgeschichte, sich in der individuellen Lebenshistorie nochmals spiegelnd, in den Urzeiten der Erde den Schritt vom Einzeller zur Pflanze machte, so kann man im Mutterleibe eines trächtigen Wasserflohes alle Stadien der Tierwerdung verfolgen und mit allen Grundtatsachen der Embryologie bekannt werden. Das werdende Kind läßt sich in jedem Moment durchschauen und in Zellen auflösen, die in emsigem Zerfall planmäßig Organe bauen; man sieht, wie aus nebelhaftem Schaffen zuerst die Hauptgliederung des Leibes, wie seine Keimblätter entstehen, wie sich durch Einstülpung und Abschnürung ein Körperteil nach dem anderen selbst schafft, wie ein Kopf auftaucht, dann plumpe kleine Gliedmaßen, wie sie immer gegliederter, feiner, ziselierter werden, bis eines Tages das Junge sich regt und in mühelos überstandener Geburtsstunde sich von der Mutter trennt. Auf eigene Faust hält es nunmehr Umschau im Wassertropfen, zu dessen entzückendsten Geheimnissen diese durchsichtig gewordene Entstehungsgeschichte des Organismus gehört, die den Elementarkurs biologischer Bildung abschließt, den jeder Gebildete durchmachen muß, weil er sonst in den bedeutsamsten Fragen unseres Daseins haltlos irrt.

In diesen fünf Objekten, die so zum Ausgangspunkt der Erklärung aller Lebenserscheinungen gemacht werden können, wie ich das in dieser Anleitung und kurzen Schilderung versuchte, bietet sich jedermann und überall ein unendlich anziehender Bildungsstoff, der die allein gesunde, weil natürliche Grundlage des ganzen Denkens und der kulturellen Durchdringung der Welt abgibt.

Wir sind Naturwesen, also muß auch unser Geist durch Erkenntnis seiner natürlichen Gesetze die Richtlinien seiner Betätigung finden. Indem er so Naturbildung und im engeren Biologie zum zentralen Punkt seiner ganzen Entfaltung macht, erklärt sich auf die einzig natürliche Weise genetisch die Existenz und das Wesen von Leib und Seele. Der Mensch gelangt zwar dadurch zur Einsicht, daß er zu drei Vierteilen seines Wesens noch nicht über die tierische Stufe hinausgekommen ist. Aber schadet ihm dieser Zusammenbruch unvernünftiger Illusionen, den er dadurch erleidet? Liegt nicht vielmehr gerade in dieser Erkenntnis der Wahrheit anstelle von Einbildungen der größte Antrieb, höher zu kommen, sich besser und mächtiger zu gestalten? Sich mehr emporzuheben aus dem zähen Morast des Tierischen, aus dem die besten von uns gerade mit Mühe den Kopf herausstrecken konnten, während ach! so viele sich noch gar nicht danach sehnen, das Tierleben zu überschreiten! ... Hat der Mensch nicht dadurch das erlangt, was er am dringendsten braucht: den festen Halt, das starke Wurzeln auf der Erde, die er erst jetzt als seine wirkliche Mutter erkennt? Verschafft ihm nicht nur diese Erkenntnis die größte Errungenschaft, zu der er es überhaupt bringen kann, nämlich das Verständnis, woraus er seine Kultur- und Lebensgesetze abzuleiten habe? Woraus denn sonst, wenn nicht aus der Natur? Wertschätzung der Natürlichkeit, als oberstes Regulativ der Lebensführung und kulturellen Entwicklung — wenn dieser Satz Gemeingut und das einigende Band aller Menschen ist, dann beginnt eine unerhörte Renaissance des Menschengeschlechts, ein Aufblühen der Zivilisation, ein glückliches Gesund- und Frei- und Schönsein, wie es annähernd nur einmal auf Erden da war — in jenem goldenen Zeitalter des Griechentums, nach dessen Glück so sehn-

süchtig alle großen Geister der späteren Zeiten seufzten, dieses Hellenentums, das aufblühte, weil die Menschen der Perikleszeit aus der Natürlichkeit ihren höchsten Kanon ableiteten, und das so rasch verwelkte, weil nur einige Städte zu solcher Helligkeit über des Menschen wahres Wesen gelangten, während um sie herum eine Welt der Tierheit war, deren Ansturm das helleniſtiſche Ideal erlag.

Wenn wir es wiederfinden wollen, so müssen wir den Weg der Naturbildung betreten. Er führt uns durch die Erkenntnisse, deren Hauptschätze ich vorhin das Glück hatte, vorweisen zu können, zur Wertschätzung des Menschen, zur wahren Wertung der Arbeit und des Geistes, als der zwei Leitsterne, denen die Zelle nachzog auf ihrem Wege zum Menschen und denen auch der Mensch folgen muß, um aus der Enge des Tierischen herauszugelangen. Dieser Weg führt zur Schätzung der Natürlichkeit als Gesundheitsborn für Leib und Seele, für Menschheit und Kultur, er führt zur richtigen Verehrung und Liebe der Natur als unserer Mutter, zur Wertschätzung von Pflanze und Tier als unserer Mitkämpfer auf dem Wege zum Licht.

Naturbildung allein weist uns das richtige ethische Verhalten gegen unsere Mitgeschöpfe. Der Naturgebildete erwartet in ihnen keine Heiligen und Übermenschen, sondern weiß sich aus Verständnis in das Gemeine, das uns alle bändigt, zu schicken. Er sieht es ein: Nach der Geschichte der Menschheit, die sie durchlitt, kann sie nicht anders sein, wie sie ist. Aber er verliert auch seine Ideale nicht und weiß seine Sterne zu finden, die ihn ins Ewige weisen. Er wird eben nicht mehr als ein Mensch, der mit richtigem Egoismus sein Lebensrecht zu wahren weiß, der sich aber auch überwinden kann, wo es not tut, aus Einsicht, daß Unterordnung der Gemeinschaft frommt, daß freie Staatenbildung, die auf gegenseitiger Hilfe und Arbeit beruht, die sicherste Gewähr seiner eigenen sicheren Entwicklung und Mannhaftigkeit ist!

Merkwürdige Dinge stiegen da auf aus der Wasser Tiefe und aus dem schwachen Lichtbündel, das aus dem Mikroskope strahlt! Doch kein größeres Wunder hat sich dabei ereignet, als daß uns die Mikrologie zum Denken erzog. Sie führte uns durch Naturgenuß und Schönheit zur Kenntnis der Natur und ihrer Geschöpfe und Gesetze, und von da zur Klarheit über unser Wesen, aus der von selbst entsprang der Schluß auf unsere Lebensziele und des Lebens Führung. Sachte leitet so der Weg von Natur zur Kultur und dadurch auch zur Gesundheit, Natürlichkeit, zur harmonischen Bildung, als deren Lohn nicht weniger winkt als Zufriedenheit mit dem Erdenlose .... Und das ist nach dem Zerflattern aller Illusionen denn doch der Schätze bester ....

Was ich da entwarf im Rahmen eines Bildes über das Leben im Wasser, ist nichts anderes als die Gemüt und Verstand bildende Wirkung eines richtig erfaßten Naturwinkels. Und über diese außerordentlich bildende Wirkung der Mikrologie sollten wir uns endlich einmal ernstlich verständigen, indem sich unsere Lehrerschaft und unsere Schulbehörden entschließen, sie bei der von allen Seiten als dringend notwendig angestrebten Schulreform des naturwissenschaftlichen Unterrichts gebührend zu berücksichtigen. Hydrobiologie und die Belehrung durch das Mikroskop in den oberen Klassen der Schulen sind zum Mittelpunkt des gesamten naturgeschichtlichen Unterrichtes zu machen, von dem ausstrahlend die übrigen Naturwesen, Pflanze, Tier und Mensch, erläutert werden können in ihrem Bau und Leben. Der Lehrer und wohl auch sonst jeder, der aufmerksam den vorhin gebotenen „Elemen-

tarkurs der fünf Zellwesen" durchlas, konnte mit Leichtigkeit daraus entnehmen, daß, wenn er sich oder seinen Schülern nach der allgemeinen Einleitung über die Bedeutung des Wasserlebens diese fünf Objekte durch Blicke in das Mikroskop in der von mir vorgeschlagenen Weise nahebringt, er damit sich und anderen zugleich dauernd und lebendig die Grundgesetze einprägt, aus denen moderne Wissenschaft ihr Verständnis der lebenden Natur aufbaut. Diese Lehren sind die folgenden:

1. Die Zelle als kleinste, selbständig lebende Plasmamenge ist der Grundteil der lebenden Körper. Sie ist der Sitz aller Lebenseigenschaften und selbst schon ein vollkommener Organismus.

2. Pflanzen, Tiere und Menschen bauen sich aus Zellen auf, daher sind ihre Fähigkeiten aus Zelleneigenschaften abzuleiten.

3. Die Grundtätigkeiten der Zelle sind: 1) Ernährung, die zu Wachstum und Fortpflanzung führt, 2) Bewegung, 3) Empfindung und auf ihr beruhende Reizverwertung, die sich in Bewegungen und Anpassungen äußert.

4. Die Anpassungen kommen zustande durch die Tätigkeit (Funktion) des Plasmas, das den Bedingungen seiner Lebensumgebung gemäß Organe und Werkzeuge bildet, um seine Erhaltung im Leben zu sichern.

5. Die Fortpflanzung konserviert die einmal erreichte Eigenschaftenhöhe, die Anpassung steigert den Eigenschaftenkomplex, und durch das Zusammenwirken beider, unter dem Zwang der Lebensverhältnisse, nahm das Leben eine aufsteigende Richtung, führte von Einzelzellern zu Vielzellern, von einfachen Vielzellern zu sehr entwickelten Blütenpflanzen und Menschen.

6. Die Zelle enthält sowohl tierische wie pflanzliche Eigenschaften und entwickelte sich als Anpassung an die Lebensweise sowohl zur Pflanze als zum Menschen. Daher sind Pflanzen und Tiere nur in den Anpassungen und in der Lebensweise, aber nicht im Wesen verschieden.*

Neben diesen 6 Grundgesetzen sind aber auch alle wesentlichen praktischen Kenntnisse der Lebenserscheinungen und lebenden Formen in diesem Einführungskurs vermittelt. Der Schüler wird bekannt mit den Elementen der Organisation, als da sind: Plasma, Zelle, Zellkern, Chlorophyll, Stärke, Zellformen, Gewebebildung in allen wesentlichen Formen, Hauptformen aller pflanzlichen und tierischen Organe und Anpassungen; ihm werden vertraut die Elemente der Funktionen und zwar sowohl die elementaren Lebensfunktionen, als auch im einzelnen Atmung, Assimilation, animalische, saprophytische und parasitäre Ernährungsweise, Exkretion und Speicherung, Organbildung, Arbeitsteilung, Korrelation und Konvergenz, Vermehrungs- und Fortpflanzungsformen, Sexualität und Vererbung, Elemente der psychischen Tätigkeit, alles auf seine Quelle und letzte Erläuterung, nämlich auf die Plasmatätigkeit, zurückgeführt. Und schließlich werden damit, so anschaulich wie nirgends sonst, die Elemente der Embryologie und Stammesgeschichte, die Typen und verschiedenen Lebensformen, die Lebensweisen mit ihren wichtigen Anpassungsfolgen und damit die Grundlagen der Ökologie, des Zusammenwirkens aller Wesen, festgeprägt.

* Die wissenschaftliche Begründung dieser Grundgesetze des Lebens in dem ganzen Bereiche des Pflanzenlebens findet der Leser eingehend erörtert in dem ersten (morphologisch-ökologischen) und zweiten (anatomisch-physiologischen) Bande dieses Werkes.

Das halbe Jahr des Unterrichtes, in dem man diesen Wissensschatz der Jugend in Fleisch und Blut überleiten kann, ist also nicht besser zu benützen.

Von diesem Elementarunterricht geht dann die Einführung in Bau und Leben von Pflanze und Tier und in deren Systematik aus, in der Weise, wie sie uns ganz unübertrefflich die zum Glück in der Schule schon herrschend gewordenen Schmeil-schen Lehrbücher zeigen. Es braucht dabei — wie ja auf den ersten Blick zu sehen — nur naturgemäß auf der „Zellularbiologie" weitergebaut zu werden, um der heranwachsenden Generation dauernden Verstandes-, Gemüts- und wirklichen Kenntnisgewinn einzuprägen. Durch solchen Unterricht würde ein Geschlecht ins Leben treten, das nicht, wie wir, nur mit Widerwillen und den Gefühlen eines versäumten Lebensglückes an die aschgrauen, quälenden Stunden des einstigen Naturkundeunterrichtes zurückdenkt, sondern mit lebendigstem Interesse aus harmonischem Bildungsbedürfnis die Saat selbst weiter hegen wird, welche die Schule in ihm ausgestreut hat.

Ich weiß nun wohl, womit die Gegner dieses Reformvorschlags kommen werden. Sachliche Gründe kann dagegen nur der geltend machen, der es nicht scheut, sich öffentlich als Feind der Volkserziehung zu bekennen — also wird man „praktische" Bedenken dagegen ins Treffen führen. Man wird sagen: die Jugend sei mit Lehrstoff überbürdet, man könne nichts Neues hinzufügen. Darauf ist die richtige Antwort: das soll man auch gar nicht. Sondern weglassen soll man sogar den Überfluß an entsetzlicher Systematik und Nomenklatur, der sich heute als Erbteil dessen, daß unsere Schulen einst Mönchsschulen waren, noch immer im Naturkundeunterricht breit macht, gerade als sollte er den empfängnisfrohen jungen Gemütern die Natur nur ja recht verekeln. Und dann wird es ja doch ohnedies angesichts der stürmischen Forderung der Zeit notwendig sein, den Naturgeschichtsunterricht in den Oberklassen der höheren Schulen wiederherzustellen, wo er schon früher war und nur deshalb entfernt wurde, weil der edle Hermann Müller, der Lehrer am Gymnasium zu Lippstadt war, in seinem idealen Wahrheitsdrange nicht umhin konnte, seinen Schülern mitzuteilen, welche notwendige Folgerungen der Verstand aus der Entwicklungslehre ziehen muß.* .....

Wenn es aber mit diesem Einwand nichts mehr ist, wird man sagen, es gehe nicht, einer Klasse von 20—30 Schülern mikroskopische Wesen so gründlich zu zeigen, daß sie wirklichen Nutzen davon hätte. Und das scheint im ersten Augenblick ein wahrhaft gewichtiges Wort zu sein. Aber es verliert an Gewicht, wenn man ins Leben geht und die Sache probiert. Ich habe es probiert, denn als ich an der Handelsakademie den 16—17Jährigen technische Mikroskopie vortrug, erlaubte ich mir ohne weiteres das Müllersche Verbrechen und brachte Sumpfwasser und Plankton mit. Ich erweckte maßloses Interesse und Begeisterung, wenn ich meinen Schülern daran die Lebensgesetze erläuterte, ohne die sie ja auch Stärkebildung, Hefezellen und die Struktur des Teeblattes niemals wirklich verstanden hätten. Wir waren sogar über 30 und hatten nur 5 Mikroskope, und doch kam jeder dazu, seine Amöbe und Euglena, sein Rädertier und seine Vortizelle gründlich kennen zu lernen, mit dem Erfolg, daß ich noch heute nach zehn Jahren von mehreren meiner einstigen Schüler weiß, daß sie

* Wer dieses Unglaubliche nicht glaubt, der lese die auch sonst höchst belehrende Schrift des Jesuitenpaters Waßmann: Der biologische Unterricht an den höheren Schulen. Köln 1907.

Dr. Otto Zacharias, der Neubegründer der Hydrobiologie.

auch als Beamte und Kaufleute dem Mikroskop und der Naturbelehrung treu geblieben sind. Einer verließ darob sogar seine Laufbahn, weil er sich in die Natur verliebte, und heute ist er ein angesehener Gelehrter und Volkserzieher. Und die gleiche Erfahrung wie ich machte auch ein anderer Freund der Hydrobiologie, Dr. O. Zacharias, der auf Anregung des preußischen Kultusministeriums den Plöner Primanern den Begriff des Organismus und seines Aufbaues aus lebenden Zellen an der Planktonkunde klarmacht, wie er in seinem trefflichen Archiv für Hydrobiologie schreibt. Die gleiche Erfahrung bestätigen ihm und mir in Briefen eine ganze Anzahl unserer fortgeschrittensten Kollegen an den Mittelschulen zu Lübeck, Kassel, Bremen, Luzern und an anderen Orten. Ebenso Prof. Schröter in Zürich und Prof. Zschokke in Basel, die ihre Hörer hinausführen an die Hochmoore und Alpenseen, an die Bergbäche und Flüsse ihrer Heimat, um sie in der Natur mit der Lebensfülle vertraut zu machen, an der sie ihnen dann im Laboratorium das Wunderwerk lebender Gesetzmäßigkeit für

immer einprägen lassen. Auch Prof. Otto Schmeil, der gewiß wie kein zweiter in der Beurteilung dessen kompetent ist, ob diese einzige natürliche Lebensgemeinschaft, die in unserer Heimat vorkommt, geeignet sei, dem werdenden Verständnis wirklich verdauliche Nahrung zu geben, hat in seiner großen schulreformatorischen Tätigkeit die Wichtigkeit dieses Punktes erkannt. Er schlägt in dem Kapitel seiner Zoologie, das über die niederen Krebse handelt, fast genau dasselbe vor, für was ich hier kämpfe. Und die ältere Generation unserer Lehrerschaft wird mir hier ins Wort fallen und sich daran erinnern, mit welcher Begeisterung sie vor 20 Jahren das Auftreten Friedrich Junges begrüßte, der in seinem Werk „Der Dorfteich als Lebensgemeinschaft" schon damals die „Biologie" des Tümpels zum Mittelpunkt des gesamten naturkundlichen Unterrichts zu machen empfahl. Er betonte, daß nur an ihr die besonderen Gesetze des Tier- und Pflanzenlebens so erläutert werden können, daß daraus wirklich ein klares, gemütvolles Verständnis des einheitlichen Lebens in der Natur hervorgehe. Dies aber muß nach Junge, und zwar mit der vollen Zustimmung von uns Neueren, das letzte Ziel alles naturgeschichtlichen Unterrichts sein, weil nur so die Biologie wirklich fruchtbar ist für Bildung, Ethik und die tiefste religiöse Überzeugung.

Indem sich alle diese Bestrebungen zusammenfinden und ihren mächtigen Druck ausüben auf jene, von denen die unvermeidliche Reform unseres naturgeschichtlichen Mittelschulunterrichtes abhängt, ist nun wirklich Grund zur Hoffnung da, daß in unsere Schulen endlich einmal so viel von lebendiger Anschauung, von Naturliebe, Sinnes- und Beobachtungsschärfung und denkender Naturerfassung getragen wird, daß die Biologie wirklich dazu gelangt, ihrer enormen kulturellen Bedeutung gemäß reformatorisch auf Denken und Fühlen unserer Mitmenschen zu wirken.

Namentlich der bereits genannte Dr. Otto Zacharias verstand es, in jüngster Zeit durch außerordentlich geschickt abgefaßte Publikationen und staunenswerte Rührigkeit dieser Bewegung Kraft und Sammlung zu verleihen. Als Direktor der einzigen deutschen biologischen Station zur Erforschung des Süßwasserlebens, die sich rein wissenschaftlichen Aufgaben widmet, und als hochangesehener Erforscher dieser Kleinwelt muß seiner Stimme auch ganz besondere Bedeutung beigelegt werden, wenn er die auf Einbeziehung der Zellenlebenskunde in die Elementarbildung unseres Volkes abzielende Reformbewegung durch eine meines Erachtens besonders glückliche Idee ihrem allgemeinen Durchbruch noch näher rückt. Er empfiehlt nämlich die Begründung eines staatlichen Institutes für Hydrobiologie, an dem die Lehramtskandidaten ebensogut wie die angehenden Forscher durch geschickt gewählte Kurse in die Wunderwelt des Wasserlebens so weit eingeführt werden, daß sie dann später befähigt sind, den Unterricht in der Zellenbiologie als gemeinsamer Grundlage der Zoologie und Botanik ersprießlich zu erteilen oder zu fördern. Das ist nämlich ein Punkt, an dem unser bestes Wollen scheitern könnte, daß die heutige Vorbildung des Lehrers die Vertiefung seines Naturverständnisses gerade in diesem wichtigen Punkte allein seinem Fleiß überläßt und ihn damit den Schwierigkeiten der Selbstbelehrung aussetzt. Schematisch und unverständig betriebene Zellenbiologie aber würde uns dem angestrebten Ideale um keinen Schritt näher bringen!

Die biologische Station zu Plön ist im östlichen Holstein, zwischen zahlreichen Seen und Teichen, also in einer für den Hydrobiologen entzückenden Gegend, gelegen.

Sie steht selbst unmittelbar am Ufer des 30 qkm großen Plöner-Sees (siehe das Bild), und ihre geeigneten Arbeitsräume, ihre schöne Bibliothek, ihr Grundstock an guten Mikroskopen, Hilfsapparaten und Einrichtungen, vor allem aber der durch das 12jährige Studium Zacharias' und seiner Mitarbeiter zutage getretene außerordentliche biologische Reichtum jenes Sees ließen es recht angebracht erscheinen, diese ziemlich zentral gelegene Anstalt wenigstens für Norddeutschland auch zur Zentralstätte des zellenbiologischen Unterrichtes unserer Lehramtskandidaten zu machen. Zwar könnte dieser Unterricht nur die Form von Ferienkursen haben, aber auch so würde er in den zwei Sommermonaten wirklich, wie Dr. Zacharias in einer seiner Schriften sagt, bald eine Elite-Truppe heranziehen, die dafür sorgt, daß das edle Erziehungswerk in der Naturkunde nicht zur profanen Taglöhnerarbeit herabsinkt, und deren Wirken in der deutschen Schule die Naturkunde unseren Kindern zur lebendigsten Freude, der Kultur aber zur segensvollen Bereicherung macht.

Die hydrobiologische Station zu Plön (Holstein), das deutsche Zentralinstitut der Erforschung der Lebewelt der Binnengewässer.
(Nach einer Aufnahme von Dr. Zacharias.)

Was ich da ausmale, ist jedoch ein Luftbild, und wir müssen uns mit einer weniger glücklichen, wenn auch nicht hoffnungslosen Gegenwart bescheiden. Heute gibt es erst verhältnismäßig wenige Lehrer, die der Zellenbiologie das nötige Verständnis entgegenbringen, die Sinn für die große Bildungsbedeutung des „Lebens im Wasser" haben und — wenn auch beide Voraussetzungen zutreffen — über Mittel und Vorbildung zur Erteilung eines ersprießlichen derartigen Unterrichtes verfügen. Auch wird man, wenn man ernstlich in diesem Sinne die deutsche Kultur beeinflussen will, der Hunderttausenden nicht vergessen dürfen, die, der Schule und den Lehrern schon entwachsen, durch Selbstbildung teilnehmen wollen an dem Gemüts- und Erkenntnisgewinn, den ich hier — wie ich hoffe — lockend beschrieb. Diese müssen sich auf andere Weise helfen. Ihnen zuliebe existiert die im Jahre 1907 ins Leben getretene Deutsche mikrologische Gesellschaft, welche mir die Ehre antat, mich zu ihrem wissenschaftlichen Leiter zu

bestellen. Durch sie soll dem nach „zellenbiologischer Bildung“ strebenden Lehrer und Naturfreund, so lange bis von staatswegen die bestehende Bildungslücke geschlossen ist, der Rat und die Hilfe zuteil werden, deren sie bedürfen. Das ist der wahre Sinn und die wirkliche Berechtigung dieser Vereinigung von Mikrologen, welche die lebendige Ergänzung dessen ist, was hier in diesem Werke von dem Glanze und dem tiefen Sinn der Lebensgemeinschaft im Wasser bisher angedeutet und nun ausgebreitet werden soll.

Denn in erster Hinsicht als Leitfaden zur zellenbiologischen Selbstbildung diene diese systematische Naturgeschichte der pflanzlichen Kleinwesen, die ich nunmehr beginnen kann.

Allgemeine Werke über die Bedeutung des Lebens im Wasser:

1. Fr. Junge, Der Dorfteich als Lebensgemeinschaft. Kiel. 8.° 1885.
2. O. Zacharias, Die Tier- und Pflanzenwelt des Süßwassers. Bd. I—II. Leipzig. 8.° 1891.
3. O. Zacharias, Über die systematische Durchforschung der Binnengewässer und ihre Beziehung zu den Aufgaben der allgemeinen Wissenschaft vom Leben. (Plöner Forschungsberichte. Bd. XII. 1905.)
4. O. Zacharias, Das Plankton als Gegenstand eines zeitgemäßen biologischen Unterrichtes. Stuttgart. 8.° 1906.
5. O. Zacharias, Über die eventuelle Nützlichkeit der Begründung eines staatlichen Institutes für Hydrobiologie und Planktonkunde. (Archiv für Hydrobiologie. Bd. II. 1907.)
6. K. Lampert, Das Leben der Binnengewässer. Stuttgart. 8.° 1899. (Prachtwerk.)
7. G. Jäger, Das Leben im Wasser und das Aquarium. 2. Aufl. Stuttgart. 8.° 1906.

Die Lebensgeschichte der Geißelzellen (Flagellaten).

Mit dem Wörtlein Blut verbinden sich überall seltsam schreckende Vorstellungen, und von jeher wußte die Phantasie mit ihnen das Grauen und das Hereinragen übernatürlich dunkler Gewalten in unsere lichte und klare Welt zur Empfindung zu bringen. Die Chroniken aller Jahrhunderte sind voll von den unheimlichen Wundern des „Prodigiums", was ein gespenstisch unheilkündendes Wort war, wenn es irgendwo in einer Stadt oder Landschaft von Mund zu Mund ging. Denn da folgte Pestilenz, Krieg und sonst noch tausendfaches Unglück, vorher aber und sicher das hochnotpeinliche Verhör, die schwelende Glut auf den Richtstätten und die Judenbrandschatzung. Blut, zauberisches Blut regnete es allerorten. Da fand man es in einem Brunnen, der gestern noch quellklar und erquickend, heute eine faule, rotgleißende Masse war, dort als wahrer Blutregen, oder es erschien ein grauenhaftes Mene tekel, das dämonische Gewalten auf Brot schrieben, mit dem sie Speisen zeichneten, oder das gar aus Hostien quoll — was dann immer ein sicheres Zeichen war, daß Juden oder Ketzer sie frevelhaft durchstochen hatten, und stets ein Anlaß, um Unbequeme mundtot zu machen und Reiche zu schröpfen.

Doch die mißbrauchten Dinge haben ihre stille Rache in sich. Die hochgelahrte Stadt Padua war der Schauplatz des letzten Blutwunders. Anno domini 1819 trat dort das Mysterium ein, aber profanerweise — auf einer Schüssel voll Polenta. Und das erweckte in einem Gelehrten der alten Universitätsstadt, die stets eine Quelle anstößiger Zweifelsucht gewesen war, den Mut, dem Wunder mit dem Vergrößerungsglas den Garaus zu machen. In fast humoristischem Stil berichtet Sette darüber, die vermeintlichen Blutflecken seien ein bis dato unbekannter mikroskopischer Schimmel, den er Zoogalactina inetrofa nannte. Da war also die Romantik auf einmal uninteressant geworden. Wenigstens für das sensationslüsterne Volk, das nun nicht mehr die Obrigkeit in Bewegung setzen konnte. Um so interessanter wurde nun aber die Sache für die gelehrte Welt, in der jetzt auf einmal das Prodigium, vor dem sie bislang so ängstlich auswich, neue Wunder wirkte. Eine neue Wissenschaft blühte auf aus dem Eifer, mit dem man die blutigen Dinge und Gewässer untersuchte. Sir John Roß, der 1818 vergeblich die nordwestliche Durchfahrt suchte, brachte dafür Kunde von den wunderbaren Karminklippen an der Baffinbai, deren blutroter Schnee von den hervorragendsten englischen Naturforschern immer wieder aufs neue untersucht wurde. Während der ganzen ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts verschwindet die Blutorganismenfrage nicht aus der biologischen Literatur. Man erkennt, daß die Teiche und Gräben von einem Geißelwesen rot gefärbt werden; Flotow entdeckte bald ein anderes solches Ding, das in Pfützen das Blutwunder vollbringt; im Meer findet man wieder andere, die mit dem gleichen Mirakel schrecken; bei der Choleraepidemie zu Berlin im Jahre 1848 bringt den Blutwesen zuliebe der hochberühmte Erforscher der Kleinwelt, Gottfried Ehrenberg, in eine Wohnung ein, in der ein Cholerakranker soeben unter der höchst merkwürdigen Erscheinung gestorben war, daß an den Resten der von ihm genossenen Speisen Blutstropfen auftraten. Er scheut nicht die Gefahr, holt die unheimlichen Speisenreste aus dem Küchenschrank, studiert sie — und findet Geißelwesen.

Und das beschäftigt viele Gelehrte, und mit den Blut vortäuschenden Geißelwesen lernen sie auch manche andere kennen. Sie sahen, daß die Blutorganismen nur ein kleiner

Bruchteil des Vorhandenen seien, und so traten sie in eine neue Welt, in eine, die niemand erwarten konnte, denn sie war bevölkert von Wesen, die gar nichts von dem gewohnten Bilde der Lebenden zeigten, sondern neue Wesen waren, eine Art Zwischending zwischen Pflanze und Tier.

Das ist die Welt der Flagellaten.

Es gibt ein ausgedehntes Schrifttum über sie, und wenn wir darin blättern, so sehen wir, daß bis in unsere Tage auf allen Seiten dieser Bücher ein gelehrter Streit um die systematische Stellung der Flagellaten ausgefochten wird. Es gibt keine Art von Lebewesen, deren stammesgeschichtliche Rolle dem Naturforscher mehr Sorge bereiten würde als die Geißelwesen. Mit einer flüchtigen Umschau in den Werken, die sich mit ihnen beschäftigen, kann man es belegen.

Der oben genannte Ehrenberg, der einer der besten Kenner dieser Urgebilde ist, hat in seinem Riesenwerk über die „Infusionstierchen als vollkommene Organismen", das nun schon fast 70 Jahre alt ist und doch von keinem entbehrt werden kann, der sich wissenschaftlich mit solchen Dingen beschäftigen will, die Flagellaten ohne weiteres für Tiere genommen. Und wer wird ihm nicht recht geben, wenn er als Gründe dafür hört, daß diese Gebilde kriechen und schwimmen wie ein Tier, daß man sie füttern kann wie einen Wurm, daß sie einander oft fressen, daß sie ihre Körpergestalt verändern, daß viele von ihnen rote Pigmentflecken haben wie die niederen Tiere, daß sie Blasen in sich bergen, die sich zusammenziehen und dadurch Flüssigkeit aus dem Leibe pumpen wie die Harnblase der Tiere! Wer aber wird es bestreiten können, daß, wie hervorragende Botaniker, so namentlich Ferdinand Cohn und Carl Nägeli, alsbald geltend machten, viele von diesen beweglichen, mit kontraktilen Blasen und Augenflecken versehenen Formen eine ausgesprochen pflanzliche Lebensweise führen, daß ein großer Teil keine feste Nahrung zu sich nimmt, wohl aber assimiliert und dementsprechend Chlorophyll oder andere Assimilationsorgane im Leibe hat, Stärke ausscheidet, kurz, in der Physiologie sich als wahre Pflanze erweist. Aber die Beweglichkeit, das Vorhandensein feiner Bewegungsfäden (Geißeln), die durch heftige Schläge diese zarten Körperchen ebenso umherwirbeln, wie sich Infusorien und Flimmerlarven von Meerestieren zu bewegen pflegen, die unverkennbar tierischen Züge in der ganzen Organisation, sie schreckten die Botaniker immer wieder ab, eine so gefährliche und zwiespältige Gesellschaft in ihr so wohlgefügtes System aufzunehmen. Man hätte da bald umlernen müssen über das innere Wesen und Leben der Pflanze, und ist es nicht eine übermenschliche Zumutung, wenn man in Ehren grau geworden ist und ob seines Wissens bewundert wird und dann erklären soll, man habe im wesentlichen doch nicht das Richtige gewußt und müsse nun von Jüngeren Belehrung empfangen?

Zum Glück fehlt es jedoch nie an solchen, die mit Mut die alten Tafeln zerbrechen, und wenn es auch vom Areopag der überkommenen Gelehrsamkeit mit wissenschaftlicher Todesstrafe belegt wird.

Ein junger österreichischer Gelehrter, namens Franz Unger, wagte ein solches Verbrechen. Mitten im erstickenden Hauch der Metternichära, da kein Begriff staatsgefährlicher war als der der Entwicklung, sagte er frank: die Pflanze erlebt den Moment der Tierwerdung, die Alge bringt tierische Embryonen hervor, die Pflanze hat auch die Kraft in sich, das ganze Tierreich und als seine Krone den Menschen aus sich heraus

zu entwickeln. Er hat das Gelächter und den Haß für solche Kühnheit, aber auch den Sieg seiner Ideen erlebt, welche die Welt freilich erst dann eroberten, als sie als Fortschritt des englischen Geistes vorgestellt wurden.

Unger war zu seiner allerdings in recht phantastischer Form vorgebrachten Überzeugung durch eine sehr einfache Beobachtung gelangt, die jeder Naturfreund ihm einmal nachmachen muß, um das eigentümliche Doppelwesen der Pflanze auch wirklich zu verstehen. Er muß zu diesem Zwecke sich Vaucheria-Algen suchen, die man allenthalben unschwer erlangen kann, wenn man in Gräben, versumpften Bachbetten oder am schlammigen Uferrande von Weihern die dunkelgrünen Fadengespinste beachtet, die sich an solchen Orten einfinden. Man trägt sie, in feuchtes Papier eingeschlagen, mit ein wenig Schlamm nach Hause, legt sie in einen flachen Teller, rückt diesen zum Fenster und übergießt sie mit reinem Wasser. Dann aber sei man am nächsten Morgen früh am Mikroskopiertisch, denn schon um etwa 7—8 Uhr beginnt das Phänomen, das Unger für die Tierwerdung der Pflanze hielt. Die Vaucheria ist ein Algenfaden, der aus zahlreichen Zellen verschmolzen ist und sich unter dem Vergrößerungsglas als ein dicker, ungegliederter Schlauch darstellt, erfüllt mit zahllosen grünen Scheibchen, dickem strömendem Plasma und vielen Ölkugeln. An dem Morgen, an dem uns jedoch das Pflänzchen sein Kunststück zeigen soll, finden wir zahlreiche Fäden, die am Ende — schon mit bloßem Auge erkennbar — dunkelgrün und etwas angeschwollen sind. Wenn man ein solches Endstück nun unter das Vergrößerungsglas bringt, wird man zum Zeugen folgender seltsamer Vorgänge: Unterhalb des Keulenköpfchens erscheint ein heller Ring und schon auch eine Trennungswand, die den Faden von seinem wanderungsbereiten Ende abschnürt. Man hat sich noch nicht erholt vom Erstaunen darüber, da wälzt sich dieses Ende unruhig in seiner Hülle, da löst sich diese Hülle im Wasser, als ob sie aus Gummi wäre, und es schlüpft aus ihr ein so großes, grünes Ei, daß es der Kurzsichtige schon mit bloßem Auge gewahr wird. Das ist der Ungersche Tierembryo, den wir auch heute noch eine Tierspore (Zoospore) nennen müssen, und der nichts anderes ist als eine Art Volvox, nämlich ein Ei aus zahllosen ovalen, mit einer Hülle und zwei Geißeln versehenen Gebilden (die man für Zellkerne hält), die an der Oberfläche der Zoospore sitzen, während in ihrem Innern sehr viele Chlorophyllkörner, dickes Plasma und auch Öl zusammengepfercht sind. Das ganze Wesen rollt mit einer gewissen anmutigen Würde im Wassertropfen ein paar Stunden umher, dann wirft es sein Wimperkleid ab, zieht sich kugelig zusammen und wird eine ehrbare, unbewegliche Pflanze, die zum langen Vaucheriafaden auswächst, der sich mit Haftfäden (vergl. das Bild in Bd. II, S. 500) an einen festen Gegenstand anklammert.

Diese Vaucheria ist also wirklich einmal tierisch, einmal pflanzlich und lehrt so den unbefangenen Geist, daß eine Scheidung der Lebewesen in zwei Reiche nur eine Bequemlichkeit sei zur leichteren Registrierung, nicht aber etwas, was in Wirklichkeit vorhanden ist. Damit wäre doch die alte Streitfrage nach den Grenzen des Tier- und Pflanzenreiches von vornherein zu erledigen gewesen durch die Einsicht, daß Gewächs und Tier dasselbe sind und daß man tiefer in ihr Verständnis eindringt, wenn man nicht die trennenden Punkte in den Vordergrund stellt, sondern die einigenden, in diesem Falle, daß beide Wesensgruppen Plasmawesen und Zellenorganismen von gleichem Ursprung sind.

Die Wissenschaft hat dies schließlich, wenn auch mit einem großen Umweg, doch erkannt, und die Forscher haben — wenigstens zum Teil — schon umgelernt. Bahnbrechend hierfür war das Vorgehen C. Th. v. Siebolds. Dieser große Naturforscher (1804—1885) hat zum erstenmal mit Scharfblick das Wesentliche an der Organisation aller dieser seltsamen Gebilde erkannt, um deren systematische Stellung man sich stritt — und die man Geißeltierchen, Infusorien, Volvocineen, Kieselalgen, Desmidiaceen, Peridineen nannte. In seinem im Jahre 1845 erschienenen Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Tiere, noch klarer aber einige Jahre später in seiner berühmt gewordenen Abhandlung über einzellige Pflanzen und Tiere (in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie) hat er uns ein für allemal ein unverlierbares Gut der Erkenntnis geschenkt, da er nachwies, daß die vielbestaunten Wasserwesen zum Teil nichts anderes seien als freilebende, auf eigene Faust sich durchs Leben schlagende Zellen.

Ich habe seltsamerweise schon eine Menge mikroskopischer Wesen gekannt und war im alten Ehrenberg oder in den Schriften von Rösel, Kützing, Flotow, Unger, Fresenius u. a. dieser herzerquickend begeisterten Altmeister der Mikrologie wohl bewandert (da ich schon als Junge ohne von jemandem beraten zu sein auf eigene Faust „naturforschte" und durch Zufall in eine ältere Bibliothek geriet, wo nur solche veraltete Werke vorhanden waren) und wußte dabei nichts von den modernen Begriffen, daß meine Lieblinge Zellen seien. Maßlos war also mein Erstaunen und überschwänglich mein Jubel, als mir dann auf einmal neuere Werke in die Hände fielen, aus denen mir lichtvoll die Lösung so vieler Rätsel und Unbegreiflichkeiten entgegenkam. Im Ehrenberg werden nämlich den Geißelzellen ein Magen, Geschlechtsorgane, Gehirn und derlei mehr angedichtet, da dieser sonst so wackere Gelehrte von der vorgefaßten Meinung ausging, als müsse sich im kleinsten nur die Organisation des Menschen wiederholen, und es wird dort gewaltsam eine Menge einfacher Stärkekörnchen, Öltropfen und Vakuolen zu Samendrüsen, Gebärmüttern und Mägen zurechtgedeutet, was mich in die hellste Verwirrung setzte, während nun, seitdem ich Siebolds allgemein angenommene Auffassung kannte, alles so leichtverständlich und einfach war. Ich habe also den ungeheuren Nutzen, den die Zellentheorie für die Erkenntnis des Lebens bedeutet, durch diese eigentümlichen Umstände im eigenen Gemüte erlebt und kann nur sagen, daß er wirkte wie ein Sonnentag auf die Nacht. Und von der Stunde an war mir klar, daß alle Schranken zwischen Pflanze und Tier fallen müssen, und daß der Pflanze im niederen Grade jede Grundeigenschaft zukommen müsse, die wir besitzen. In diesem Sinne gibt es also nichts Erzieherischeres als das Studium der Geißelzellen, in denen sich die Elemente des Tierischen und Pflanzlichen so wundervoll vereinigen.

Merkwürdigerweise hat Siebolds genialer Erkenntnissprung noch nicht in allen gelehrten Köpfen diese Wirkung ausgelöst, und so komisch es dem Vorgeschrittenen auch erscheinen mag, bis heute haben die Streitigkeiten nicht ganz aufgehört, ob diese oder jene Gruppe von Einzellern „Tiere" seien oder Pflanzen. So kommt es, daß die nähere Belehrung über sie sowohl im botanischen als auch im zoologischen Schrifttum gesucht werden muß und dieselben Wesen (z. B. Euglenen oder Craspedomonaden oder Dinoflagellaten) sowohl in Steins großem Infusorienwerke als auch in Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreiches, wie in Engler und Prantls natürlichen Pflanzenfamilien behandelt sind.

Eigentlich hat es bis jetzt nur einen Naturforscher gegeben, der den Sieboldschen Gedanken wirklich zu Ende gedacht und die richtige Schlußfolgerung daraus gezogen hat. Das war Ernst Haeckel, dessen Genie ja auch sonst in mehr als einer Beziehung der Biologie unserer Generation ihren Stempel aufdrückt. Ihm erschien die biologische Sonderstellung aller Einzeller gegenüber den Pflanzen und Tieren so bedeutsam, daß er seinerzeit vorschlug, ein drittes Reich der Lebenden (Protisten) anzunehmen, um dadurch schon in der systematischen Ordnung der Naturkenntnisse anzudeuten, daß es einen gemeinschaftlichen Lebensursprung für den Entwicklungsgang gibt als Reste einer Lebewelt, in der die endgültige Scheidung in Tiere und Pflanzen noch nicht vollzogen war.

Mit diesem biologischen Begriff der Protisten wollen sich die Gelehrten nur schwer befreunden; wenn er aber auch langsam vordringt, so wird er sich doch sicher durchsetzen, denn eine andere, den wirklichen Abstammungsverhältnissen (deren Ausdruck doch das natürliche System sein muß) entsprechende Lösung dieser Streitfragen gibt es nicht.

Man kann mir nun vorwerfen, daß, wenn ich dieser Überzeugung bin, es unlogisch von mir sei, statt den ganzen Kreis der Protisten hier aufzunehmen, ihn, zerlegt in Flagellaten, einzellige Pilze und Algen, außerdem nur in einigen seiner Vertreter (keine Rhizopoden, Heliozoën und Infusorien) hier vorzuführen. Der Vorwurf besteht auch zu Recht, und es wäre eine schwächliche und unwürdige Verteidigungsart, darauf hinzuweisen, daß es weder ein botanisches noch zoologisches Sammelwerk gibt, das von ihm nicht getroffen würde. Ich kann daher nur einige praktische Erwägungen zur Begründung, wenn auch nicht Entschuldigung meines Vorgehens anführen. Ich darf den Endzweck dieses Werkes nicht aus dem Auge verlieren. Und dieser ist nicht der eines Nachschlageregisters über alle Einzelerscheinungen, sondern es handelt sich bei diesem Werke darum, der Botanik jenen Platz im Kreise der Bildung zu erobern, der ihr von rechtswegen gebührt wegen der außerordentlichen Erkenntnis- und Gemütswerte, die eine richtige Einsicht in das wahre Wesen der Pflanzen verschafft. Nüchtern gesagt: Wenn es mir gelingt, dieses Buch in zehntausend deutschen Familien zum Haus- und Erbauungsbuch zu machen, und in tausend Schulen zum ergänzenden Lesebuch für Lehrer und Schüler, wenn es mir gelingt, damit einige hundert gute Köpfe und fortschrittsfreudige Herzen zu bewegen, sich in die Pflanzenkenntnis zu vertiefen und zu Herolden jener Welt- und Lebensanschauung zu werden, die daraus quillt — dann hat meine Lebensarbeit ihre unsägliche Mühe gelohnt und das Buch seinen wahren Zweck erfüllt, denn dann wird ein gewaltiges Aufflammen der Naturliebe und der Naturverehrung das deutsche Wesen zum Lichtträger machen, und das brauchen wir!

Damit aber dieses Ziel erreicht werde, darf dieses Werk nicht zu umfangreich werden. Es sind schon diese fünf Bände seiner eigentlich erzieherischen zwei ersten Abteilungen ein Übermaß für uns beide, nämlich für den Leser und den Verfasser, aber auf geringeren Umfang ließ sich das, was gesagt werden muß, soll Botanik wirklich zu einem lebendigen und notwendigen Bildungsbestandteil werden, nicht zusammenpressen. Um so sorgfältiger muß vermieden werden, diesen Umfang zu überschreiten durch Aufnahme des Nebensächlichen.

Das ist meine ganze Entschuldigung, daß es für meinen Endzweck genügt, wenn ich hier die an die Protisten anknüpfenden Formen des Pflanzenreiches in Bau und

Leben verständlich mache und an einem Beispiel das Wirken und den Kern des Einzellerdaseins bloßlege. Kein besseres Beispiel jedoch läßt sich hierfür finden als die Gruppe der Flagellaten, und das ist auch die Ursache, warum ich sie in der Reihenfolge den noch einfacheren Pilztieren und Bakterien vorausgehen ließ. Wir können sowieso heute noch nichts Sicheres über den genetischen Zusammenhang dieser einfachsten Wesen aussagen; wenn also ohnedies Willkür herrschen muß, dann ist es am besten, mit dem Betrachtungsgegenstand zu beginnen, der für das Verständnis des Gesamtlebens am förderlichsten erscheint.

Da stehen wir denn nun vor der Naturgeschichte der Flagellaten.

Das erste, was ich über sie sagen muß, ist, daß man dieses Kapitel nur als begleitenden Text zu der Reihe lebender Bilder betrachten möge, die man mit dem Kleinseher der Natur abgewinnen muß. Nicht das Wort ist hier der Brunnen, aus dem die wahre Belehrung quillt.

Wer mit einiger Sachkenntnis sucht, hat sich aus der Natur bald reichliches Belehrungsmaterial heimgebracht. Es ist zwar freilich mit dem Vorkommen der Flagellaten ganz ähnlich bestellt wie mit dem der Infusorien überhaupt, von denen hundert populäre Schriftsteller und vor allem die Schulbücher sagen: sie kommen in jedem stehenden Wasser vor. Das erzeugt die Meinung, als brauche man nur ein Glas Wasser aus dem nächsten See oder Teich zu schöpfen und erlebe dann, wenn man einen Tropfen unter dem Mikroskop betrachtet, das sattsam beschriebene „unbeschreibliche" Gewimmel der Infusorien. Wer das glaubt, wird jedoch gründlich enttäuscht werden. Gewiß leben Flagellaten in jedem stehenden Gewässer, doch muß man sie auch dort zu finden wissen. Der Kenner wird sie nur in dem grün-bräunlich flockigen Schleim suchen, der sich um die Stengel der Wasserpflanzen am Uferrande lagert, oder zwischen dem Gespinst der Fäden, aus denen die jedermann bekannten „Algenwatten" bestehen, oder auf dem braunen und grünen lebendigen Überzug, der sich am Schlammgrund der Weiher findet. Er weiß, daß man in Moorgräben namentlich die grünen und braunen schönen Formen findet, im Plankton der Seen und des Meeres die besonders angepaßten Schwebeflagellaten, in Ausgüssen, Mistpfützen, Jauchegruben und auf feuchter Erde die gemeinen Euglenen, in faulendem Wasser dagegen die winzigen Monadinen. Die Heu- und Brotaufgüsse, an denen sich unsere Großväter ergötzten, sind mit Unrecht in Vergessenheit geraten; sie bergen eine Fülle zarter und belehrender Monaden, die man sonst selten in einer Menagerie vereinigen kann. Und vor allem wird der Fachmann nie versäumen, sich von dem heimgebrachten Material eine Kultur anzulegen, um seinen kleinen Freunden Zeit zu lassen, sich etwas zu akklimatisieren, was sie gewöhnlich durch massenhafte Vermehrung lohnen. So erhält man aber nun den zwar weitaus größten Teil, aber doch nicht alle Formen. Die Parasiten muß man in ihren Schlupfwinkeln aufsuchen, die nicht immer appetitlich sind, aber mit den merkwürdigsten Gestalten bekannt machen. Der Darm der Frösche ist eine reiche Fundgrube solcher parasitischer Flagellaten, aber auch im Darm von Schnecken, Enten, Mäusen, Ratten, Engerlingen, in den Harnwegen kranker Männer, im Scheidenschleim von Frauen (Trichomonas), im Blut von Fischen, Fröschen, Vögeln und an der Schlafkrankheit leidender Menschen (Trypanosoma) hat man Flagellaten gefunden, und das traurige Kapitel der Infektionskrankheiten hat mehr als ein Blatt, auf dem von Geißelwesen die Rede ist.

Es ist von vornherein zu erwarten, daß Lebewesen von solcher Kleinheit, die leicht transportiert werden können und sich sowohl dem Leben im Süßwasser als auch im Meere angepaßt haben, über die ganze Erde verbreitet sind. Ein russischer Naturforscher (Schewiakoff) hat aus eigens daraufhin angestellten Untersuchungen keinen anderen Schluß ziehen können, als es bloße Erwägung von vornherein wahrscheinlich machte. Dieser Kosmopolitismus (von dem nur manche der Parasiten eine Ausnahme machen) erklärt sich besonders leicht, wenn man bedenkt, daß fast alle diese Zellchen durch die beneidenswerte Eigenschaft ausgezeichnet sind, sich in eine selbst ausgeschiedene Hülle zu verkapseln, zu einer Zyste zu werden, die der Austrocknung wohl widersteht und kleiner als ein Staubkorn, von dem Winde aufgenommen, von ihm länderweit verweht wird. Der unermüdliche Ehrenberg hat viele Jahre darauf verwendet, dieses — wie er es nennt — „von der Atmosphäre unsichtbar getragene, reiche organische Leben" zu studieren, und in den Abhandlungen der Berliner Akademie ist er fast 50 Jahre lang (bis 1871) immer wieder auf diesen ihm und seiner Zeit höchst verwunderlichen Punkt zurückgekommen, daß im „Passatstaub" tageweit entfernt von allen Küsten, im Schnee der Firne und der grönländischen Eiswüsten überall die kleinen Zysten angeflogen kommen und ihrer Erlösungsstunde harren.

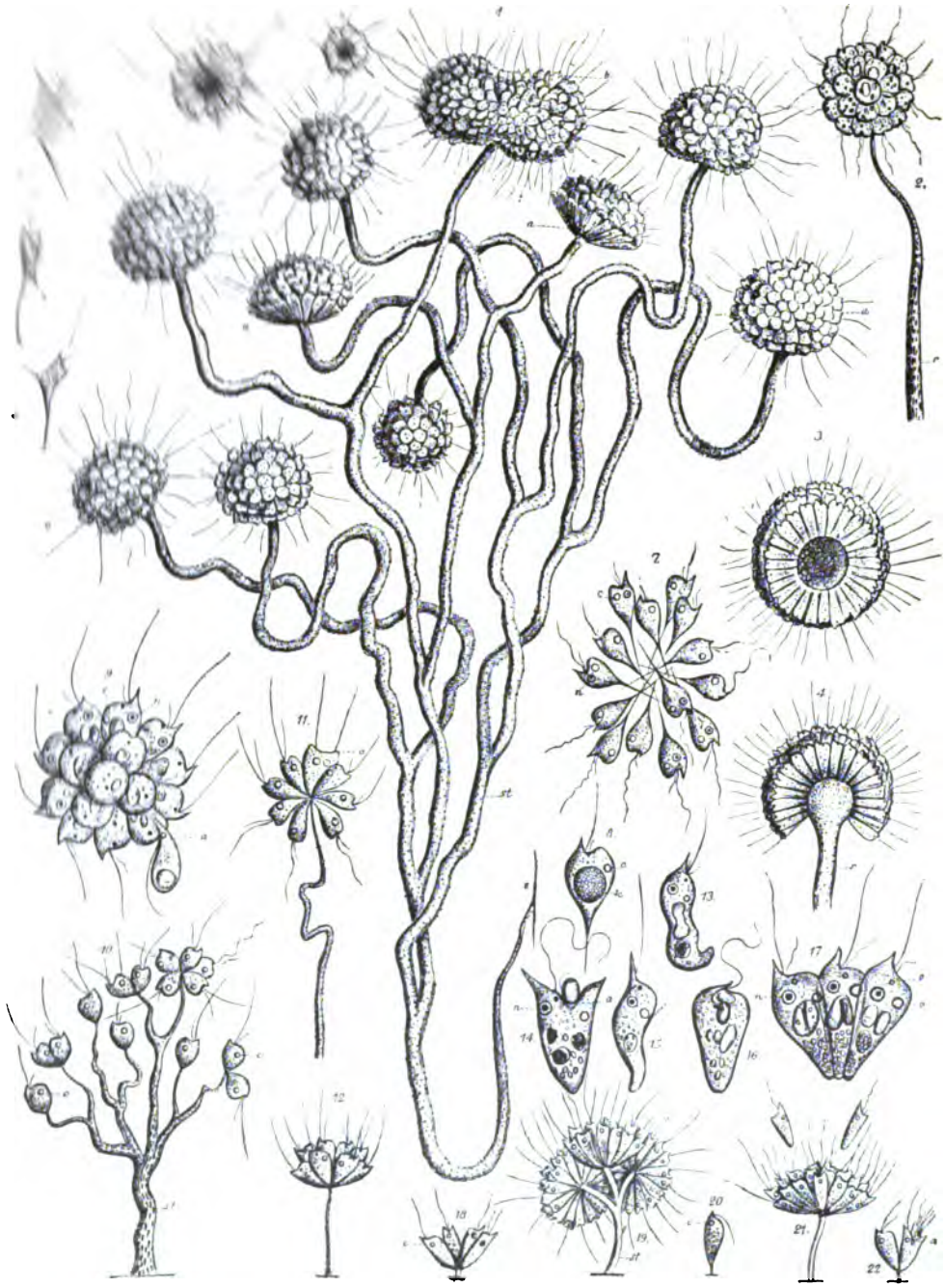
Wir sind heute um einen Schritt weiter gegangen und begnügen uns nicht mehr mit dem Registrieren und Anstaunen der Naturtatsachen, sondern fragen nach dem Wie? und Warum? Wir sagen uns, daß diese Allverbreitung und unbeschränkte Wanderungsfähigkeit eine ebenso gewaltige Anpassungskraft bedingt. Wesen, die unter so verschiedene Lebenslagen kommen, haben sich vielen Verhältnissen anbequemen müssen, müssen also vielartig sein. Und wirklich geht die Zahl der unterschiedenen Flagellatenformen auch in die Tausende, obzwar sich der Artbegriff höchst verschieden fassen läßt. Da es keine Norm gibt, was an solchen Zellen als Anpassungs- und was als Organisationsmerkmal zu gelten habe, läßt sich hier mit Artunterscheidungen nach Belieben spielen. Einer der englischen Amateure der Mikroskopie, Mr. Saville-Kent, hat in seinem Handbuch der Infusorien Hunderte von Arten unterschieden, die andere Forscher nicht anerkennen — aber ist es angesichts der großen Aufgaben, welche uns das Verständnis des Lebens stellt, nicht eigentlich recht müßig, seine kostbare Zeit mit solchem Streite zu kürzen? Dieser Zank erlischt von selbst, wenn man sich an die sehr notwendige Arbeit macht, die Merkmale dieser sogen. Arten aus der Lebensweise zu verstehen und auf ihre wahre Ursache, nämlich Bedürfnisbefriedigung, zurückzuführen.

Man vergesse doch nie, daß ein lebendiges Wesen ein aktives Ding ist, das sich nur dann im Leben erhalten kann, wenn es seine Bedürfnisse durch Tätigkeit und Umformung genügend befriedigt. Es muß also seine Körpergestalt so beeinflussen, daß es sich möglichst wenig Gefahren aussetzt, aber möglichst viele Vorteile bei seiner Lebensweise erzielt. Es muß das Bedürfnis, fremde Substanzen zur Erneuerung seiner verbrauchten Stoffteile aufzunehmen (also was man im weiteren Sinne des Wortes Assimilation nennen kann), stets in solcher Weise stillen, wie es ihm seine Umgebung erlaubt. Mit anderen Worten: seine Ernährungsweise muß dem Milieu angepaßt sein. Wenn eine Zelle in den Darm eines Frosches eingeschlossen ist, würde Chlorophyll ihr nichts nützen. Hätte sie solches als Erbgut mitgebracht, müßte sie es rückbilden; dafür müßte sie, soll sie nicht alsbald zugrunde gehen, entweder Organe entwickeln, um feste, verdauliche

Gegenstände aufzunehmen, oder mit der ganzen Körperoberfläche Säfte saugen und dann ihre Haut dem anpassen.

Und so, wie an diesen zwei Beispielen angedeutet, muß man alle Eigenheiten aller Lebensformen als Ausgleich und Werkzeug zur Gewinnung eines erträglichen Daseins verstehen lernen! Nur so erwirbt man wahres Kausalverständnis für sie — von dem wir aber leider noch immer weit entfernt sind. Namentlich bei den Flagellaten ist man, will man ihr Lebensbild entwerfen, noch immer mehr auf bloße Beschreibung angewiesen, als daß man sich an solchen genetischen Erklärungen ihrer Organisation freuen könnte. Doch mag nun immerhin versucht werden, das zu leisten, was gegenwärtig möglich ist.

Daß die Gestalt und das Gesamtbild der Erscheinung (was der Franzose die Tournure, der Botaniker aber den Habitus nennt) bei den Flagellaten so überaus verschieden ist, kann uns in Anbetracht ihrer oben geschilderten mannigfaltigen Lebensweise wohl nicht überraschen; ebensowenig, daß sie, wenn sie frei schwimmen und nicht starr sind, meist mehr oder weniger die Körperform des Fisches annehmen. Sie tun es aus der gleichen Ursache, aus der auch wir mit unseren Schiffen die Fischform nachahmen, denn man schwimmt so am besten. Ruhende Formen haben dagegen naturgemäß das Bestreben, Kugelform anzunehmen. Die physikalische Beschaffenheit des Plasmas bringt dies mit sich. An dieser Grundform modellieren nun freilich Sonderbedürfnisse gar gewaltig. Was von den Geißelwesen dauernd freischwebend im Wasser lebt, geht unter, wenn es sich nicht Schwebevorrichtungen schafft, d. h. die technischen Prinzipien anwendet, durch die auch wir die Sicherheit unserer Schiffe erhöhen. Der Papua überwindet die Brandung in einem Boot, von dem lange Ausleger ausgreifen. Ganz ähnlich macht es das Ceratium-Zellchen (s. das Bild auf S. 24). Mit Schaufelplatten erhält sich eine ganze Reihe von Dinoflagellaten schwebend (Bilder auf S. 60), mit leichten Öltropfen die winzige Pelzmonade (Mallomonas [Bild Bd. I, S. 464]). Eine andere Anpassungsreihe ist in den Kragenmonaden (Craspedomonaden) gegeben, die einen eigentümlichen, einfach oder doppelt gewickelten Plasmatrichter entfalten, in dem sie ihre bescheidene Nahrung (meist Bakterien) einfangen, die sie sonst als festsitzende Wesen schwer erhaschen könnten. Man sieht an diesen überaus zarten und winzigen Dingelchen sehr lehrreich, wie die eine Eigenart die andere nach sich zieht. Kragenmonaden sind Monaden; dies besagt dem Kenner, daß sie bakteriengleiche, einfachste, farblose Zellchen sind, mit einem oder mehreren Bewegungsfäden ausgerüstet und auf den Raub anderer Zellen angewiesen, falls sie nicht saprophytisch leben, was aber bei diesen Geschöpfen fast immer nur eine Art Nebenerwerb ist. Sie müssen demnach im Wassertropfen umherschweifen. Nun ist dies ein gefährliches Beginnen, wenn allenthalben so viele hungrige Rachen aufgesperrt und Leimruten ausgelegt sind, um den kleinen Räubern das Handwerk zu legen. Viele Wimper-, Sonnen- und Rädertierchen leben fast ausschließlich von Monaden. Da war es denn eine wahrhaft erlösende Sicherung des Daseins, als manche dieser Zellchen zur seßhaften Lebensweise übergingen. Doch es gibt keinen Nutzen, der nicht Schaden zur Folge hat. Der Nahrungserwerb hatte durch das Stillesitzen seine besten Möglichkeiten verloren. Und so forderte der Stiel, den sich eine Codosiga beilegt, gebieterisch das neue Werkzeug, den Plasmatrichter, und der Naturforscher, der diesen Zusammenhang unschwer ein-



Die Lebenserscheinungen der Ockeralgen (Anthophyſen).

Fig. 1—17 Anthophysa vegetans St. 1 = Ein wohlentwickelter Familienstock, von dem ein Cönobium soeben in Längsteilung begriffen ist. 2 = Ast eines Stockes mit Augenfleck tragenden Individuen. 3 = Ein Cönobium, das sich soeben vom Stiel abgelöst hat. 4 = Ein Cönobium im optischen Durchschnitt. 5 = Frei umherrollende kleine Cönobien. 6 = Frei gewordene Zellen, die sich mit Pseudopodien anheften. 7 = Ein Cönobium, soeben im Zerfall begriffen. 8 = Eine Zelle mit eingedrungenen Parasiten. 9 = Ein Cönobium mit verschluckten Chlamydomonaden. Eine Zelle wird von Bodo caudatus ausgesaugt. 10 = Ein kümmerlicher Stock. 11—13 = Die Anfänge der Stockbildung. 13—17 = 1150fach vergrößerte Zellen, die ihre Gestalt verändern und Chlamydomonaden fressen. Fig. 18—22 Cephalothamnium Cyclopum St., an Zyklopskrebschen aufsitzende Cönobien. 20 = Ein einzelnes angeheftetes Individuum. 22 = Erste Teilungsgeneration. Eine Zelle mit „weitgeöffnetem Munde". (Faksimile aus Fr. Stein, Der Organismus der Flagellaten. 1878.)

sieht, hat dadurch gleich die Mahnung empfangen, bei Beurteilung der Anpassungen nie die Korrelationen zu vergessen, sondern stets daran zu denken, daß sich in einem Lebewesen alles in einem sorgfältig abgewogenen Gleichgewicht befindet, das an keinem Punkte verändert werden kann, ohne daß andere Umbauten nötig werden. Daraus folgt also, daß manche Anpassung nicht eine äußere Ursache hat, sondern einer inneren Korrelation entspricht.

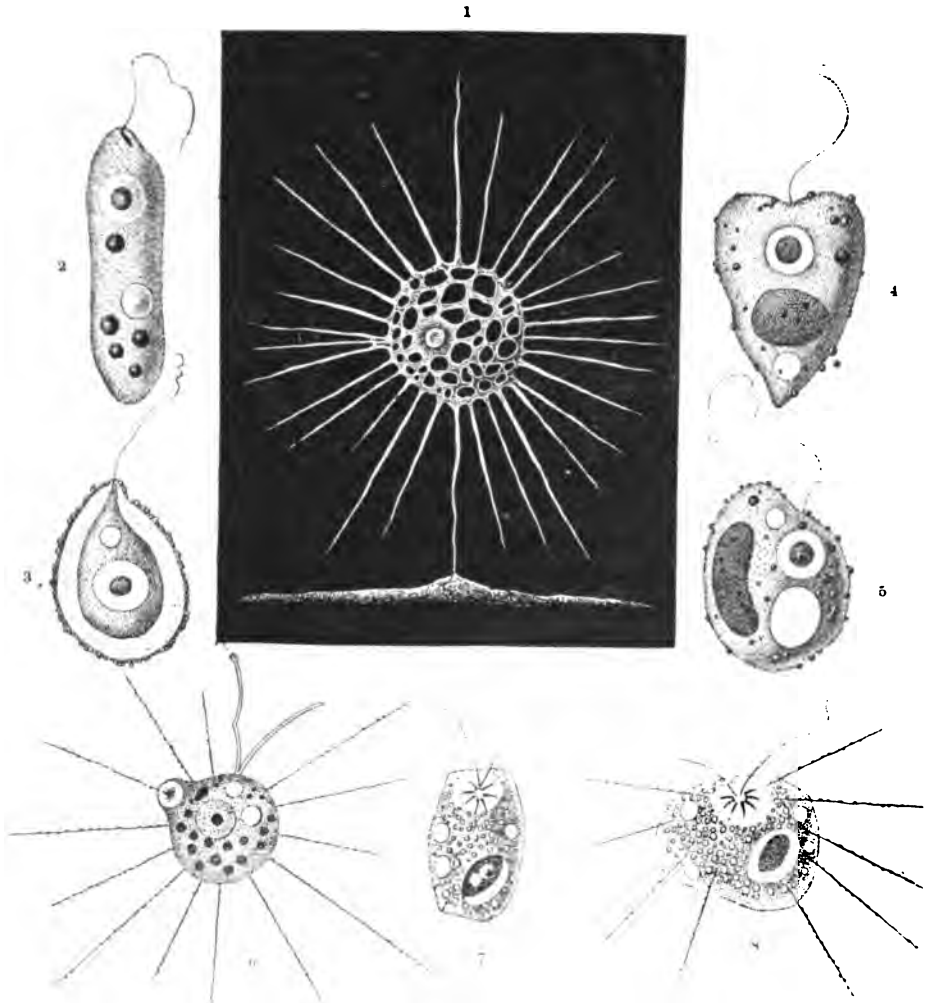
Man möge nun aber das Licht, das von einer solchen Kausalforschung ausgeht, auch nicht überschätzen, denn gar bald gerät auch sie in das Dunkel, das nur von weiterer Detailarbeit, namentlich von Experimentalforschungen über den Zusammenhang zwischen Lebensweise und Organisation, gelichtet werden kann.

Wenn es sich trotzdem schon empfiehlt, diesen Betrachtungsweg einzuschlagen, so verlockt dazu die gewaltige Läuterung unserer Begriffe von den Fähigkeiten einer Zelle, deren man dadurch teilhaftig wird, und die unbedingt von größtem Nutzen sein muß für das Verständnis des höheren Pflanzenlebens, ja, jedweden Lebens überhaupt.

Es ist doch im höchsten Grade verwunderlich, daß der Tropfen Protoplasma, aus dem sich das Körperchen eines Geißelwesens aufbaut, eine solch feine Durchbildung und eine solche Menge von Lebenswerkzeugen erwerben kann. Hat man nur auf die Organisationshöhe acht, so gelangt man doch immer nur zu der Überzeugung, daß hier eine Art embryonaler, saftreicher Pflanzenzelle vorliege, mit ihrem körnigen Plasma, ihrem typischen, bläschenförmigen Kern (Nucleus), ihren Safträumen (Vacuolen), gegebenenfalls mit Chlorophyllkörnern (die man hier Chromatophoren nennt), ihrer charakteristischen Zellhaut und oft auch mit ruhiger Plasmaströmung, die sich an manchen Änderlingen unschwer beobachten läßt. Was hat aber dieses embryonale Zellchen aus seinen Grundbestandteilen alles gemacht?

Man betrachte nur einmal die Umwandlungen der Zellhaut bei verschiedenen Flagellaten. Bei den einfachsten Monaden ist sie ein Hauch, der den inneren Bewegungen des Körpers keinen Widerstand entgegensetzt; wie bei einer Amöbe treten bei Dimorpha, Oikomonas, Anthophysa, Chrysamoeba (s. das Bild), aber oft auch bei anderen Formen, nach neueren Untersuchungen von Schütt bei vielen Dinoflagellaten und sonstigen Einzellern Plasmafortsätze nach Art der Scheinfüße (Pseudopodien) bei Rhizopoden aus, ja bei einer Form (Actinomonas, Bild S. 56), die ich genauer studieren konnte, gehören sie so zur gewohnten Organisation, daß das Wesen wie ein Sonnentierchen aussieht. Von diesem Extrem finden sich alle Übergänge bis zum anderen, dem glasharten Panzer, in dem das Zellchen wohnt. Wir haben bei höheren Pflanzen im anatomischen Teil dieses Werkes oft die Leichtigkeit bewundert, mit der ihre Zellen bei passender Gelegenheit verkorken, verholzen, verkieseln, verschleimen. Im Kreise der Geißelwesen sind solche Künste eine alltägliche Sache. Besonders in der Umwandlung der Hautschichten zu Schleim sind diese Zellen Meister. Die Anthophysen (Bild S. 54) kleben dadurch zu einer kleinen Zellentraube zusammen, und wohl gemeinsam (man hat es noch nicht näher untersucht) scheiden sie den ockerhaltigen Stiel aus, auf dem die ganze Genossenschaft schwankt. Eine leicht verschleimte Decke umhüllt fast alle Chrysomonaden — man möchte glauben, es sei eine Schutzdecke für den Fall von Zusammenstößen. Die Euglenen scheiden eine derbe Plasmamembran ab, die sich gegenüber chemischen Reagentien so verhält wie starres Plasma, aber die Anfänge einer

künſtleriſchen Dekoration aufweiſt. Man betrachte demzuliebe die Bilder von Änderlingen auf S. 29. Feine, ſpiralige Linien umziehen das aalförmige Körperchen, manche davon mit einer Körnerreihe geziert, manchmal alle wie mit Edelſteinen beſetzt, glitzernd und gleißend als wahres Juwel der Natur. Was dieſe Streifung ſein ſoll? Wir wiſſen es nicht. Es iſt billig zu ſagen, ſie ſei ein Ausdruck, ein Nebenergebnis innerer forma-

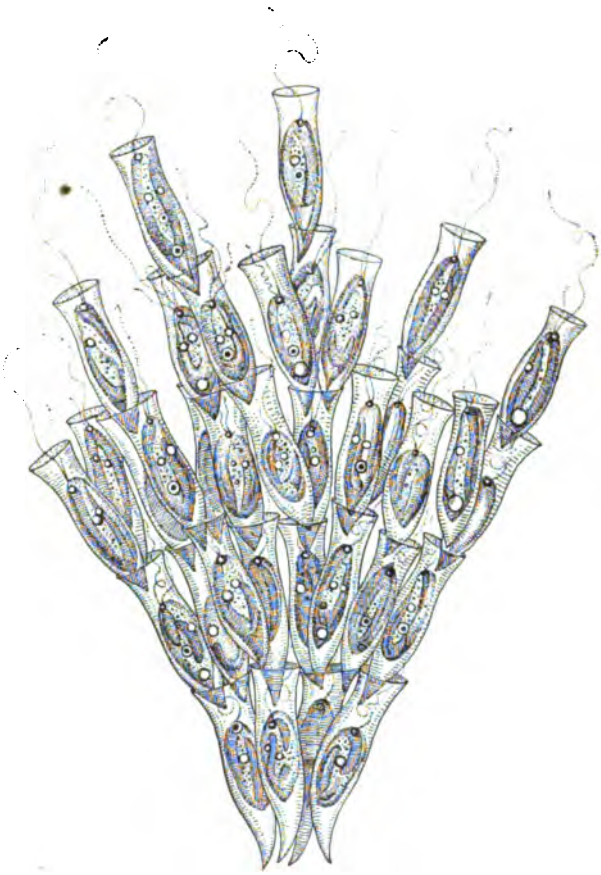


Urmonaden.

1 = Actinomonas mirabilis S.—K. Etwa 880fach vergrößert. 2—5 = Monas vivipara Ehrb., Zellen in verſchiedenen Körperformen. 880fach vergrößert. 6—8 = Dimorpha mutans Gr. im Heliozoen- und Flagellatenzuſtand. 1000fach vergrößert. (1—5 Originale des Verfaſſers, 6—8 nach Blochmann und Penard.)

tiver Bedingungen. Es klingt zwar gut, erklärt aber nicht viel. Sicher iſt nur, daß ſie ein Ausdruck deſſen iſt, wie unendlich kompliziert auch ſchon der Bau ſolch „einfachſter" Lebeweſen ſein muß. Man gebe ſich nur keiner Täuſchung darüber hin, daß der alte Begriff des Urweſens (wie ihn Dujardin aufſtellte), an dem man gerade von der Materialiſtenſeite her ſo zäh feſthält, wonach der Einzellerbau am beſten mit einem primitiven Schleimklümpchen ohne richtige Organe und Fähigkeiten verglichen werden

könne, unwiederbringlich dahin ist. Kein Jahr vergeht, ohne daß nicht auf diesen Punkt gerichtete neue Organisationseinzelheiten eine Durchbildung und Vollkommenheit im kleinsten Raume aufdecken, so daß langsam, wenn auch in anderem Sinne, als er es verstand, der alte Ehrenberg doch recht behält mit seiner Auffassung vom Infusorium „als vollkommenem Organismus". Ich bitte diesbezüglich einmal das erste Kapitel im II. Bande dieses Werkes nachzulesen, das in engstem Zusammenhang mit der hier erfaßten Gedankenkette ist. Ich spreche dabei aus eigener Erfahrung, weil mir vielfache Untersuchungen von Flagellaten (namentlich Euglenen) die Überzeugung beibrachten, daß in diesem hinfälligen zarten Körperlein viel mehr verborgen sei, als unsere Gelehrtenschulen uns glauben lassen; ich kann mich aber auch auf den französischen Zoologen Kunstler berufen, der uns von Flagellaten (Euglena, Chilomonas, Cryptomonas) Bilder gegeben hat, die anmuten wie anatomische Schnitte durch irgendein Insekt. Man pflegt Kunstler gegenwärtig in Deutschland nicht zu beachten, so wie man seinen Landsmann Dujardin* unter dem Drucke der Autorität Ehrenbergs nicht beachtet hat — aber man tut unrecht daran und wird ihm einst ebenso Abbitte leisten, wie man es Dujardin gegenüber mußte. Man braucht ja seine und seiner Schüler Behauptungen wahrlich nicht unbesehen anzunehmen, sondern es wird der Wissenschaft genugsam Nutzen bringen, wenn man durch sie im Auge behält, daß komplizierte Verrichtungen niemals durch mangelhafte Werkzeuge zustande kommen können, denn man wird dann unsere Kenntnis des Zellkörpers für unzulänglich und dringend zu verbessernd halten — und nach dem Fortschritt streben, während man jetzt ruht.

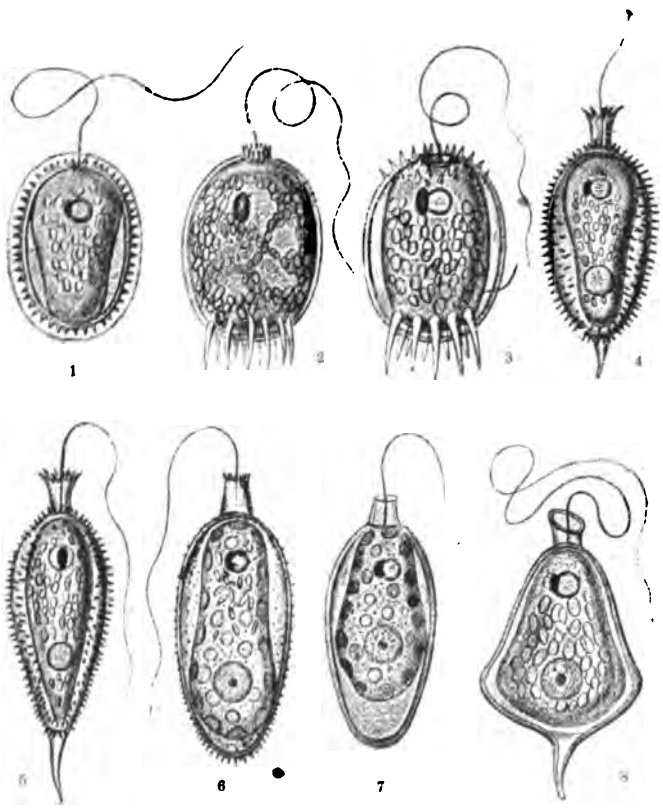


Dinobryon sertularia Ehrb. Ein strauchartig verästelter Familienstock, 500fach vergrößert. (Nach Stein.)

Ganz unaufgeklärt ist es noch z. B., wie die Gehäuse und Schalenbildungen der Geißelzellen zustande kommen. Die Zellen des herzigen Wirbelbäumchens, das man

* der gegen Ehrenberg den „Sarkodebau" der Infusorien verfocht.

Dinobryon nennt, sitzen in schlanken Kelchen, die vielmals größer sind als sie, also nicht einfach ihre abgeworfene Haut darstellen können (s. das Bild). Das gleiche gilt von vielen Kragenmonaden. Die Änderlingsgattung Trachelomonas umfaßt Formen (siehe das Bild), die in einer starren, meist durch Eiseneinlagerung gelbbräunlich gefärbten Panzerhülle sitzen. Man hat nun beobachtet, daß bei der Teilung der eine der Sprößlinge nackt aus dem Gehäuse schlüpft und nach einiger Zeit eine weiche, farblose Haut abscheidet, aus der sich der neue Panzer bildet. Dies klingt einfach, aber dem Kenner dieser Wesen dennoch recht unverständlich. Denn Tr. hispida hat den Panzer allseits mit feinen Dörnchen besetzt, Tr. armata hat am Hinterende Stacheln wie ein Igel, Tr. caudata einen spitzen Schwanz und oben einen schlanken, gezackten Hals, wofür durch die oben wiedergegebene Beobachtung keine Erklärung gewonnen ist. Es gibt auf diesem Gebiete eben noch ungeheuer viel zu tun, und wem es kleinlich erscheint, sich mit solchen Dingen abzugeben, der vergißt, daß er durch sie den Menschen erforscht, indem die Zellen in ihm nur das wiederholen, was sie zu Beginn ihrer Stammesgeschichte gelernt haben, und was wir eben in seinem vollen Umfang noch nicht kennen. Einigermaßen Einblick erworben hat man in das Zustandekommen solcher Panzer bei einer anderen Gruppe der Geißelzellen, den Dinoflagellaten oder Peridiniaceen, die sich eine wahre Ritterrüstung aus harter Zellulose bauen, indem sie sie aus Platten zusammensetzen wie ein geschickter Harnischmacher.



Panzerzellen (Trachelomonaden).
1 = Trachelomonas hispida St. 2—3 = Tr. armata St. 4—5 = Tr. caudata St. 6—7 = Tr. bulla St. 8 = Tr. lagenella St. 650fach vergrößert. (Nach Stein.)

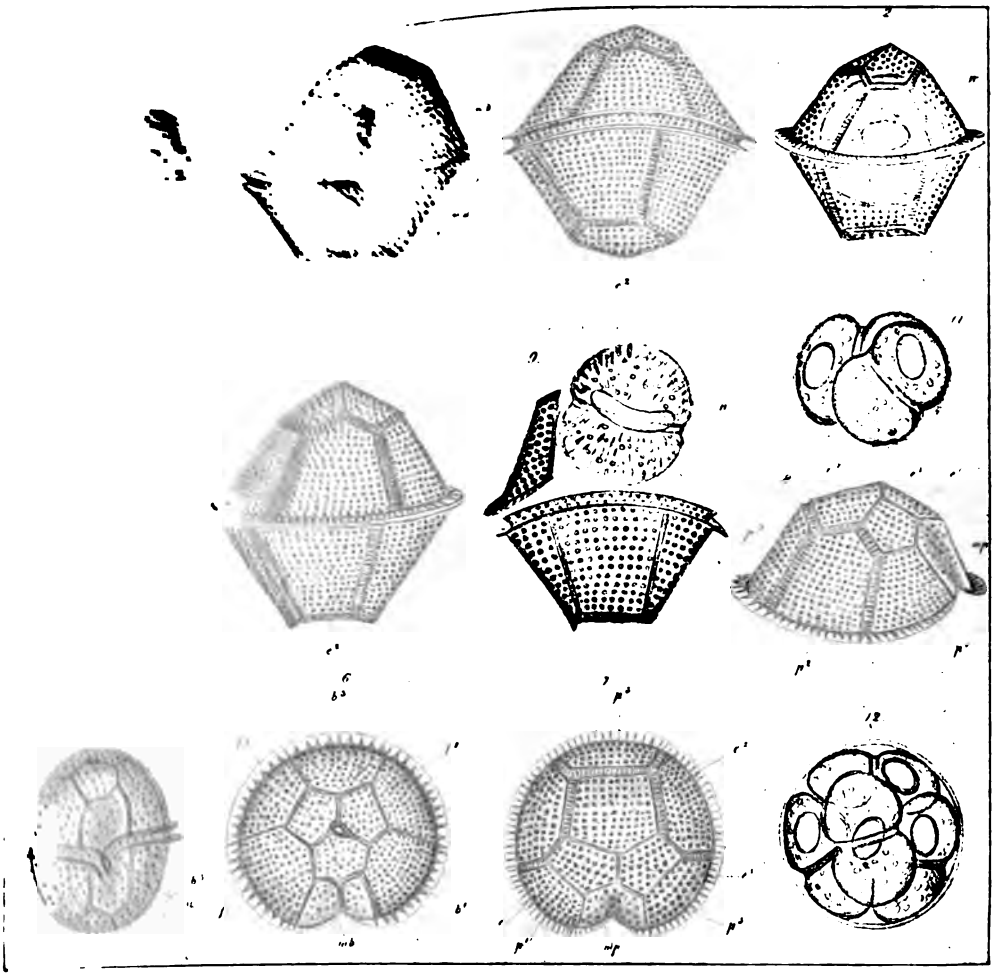
Zwei deutsche Naturforscher, Fr. Stein und Fr. Schütt, haben diesen Vorgang und die Einzelheiten dieses Panzers so aufgeklärt, daß man dadurch einen tiefen Einblick in das bewunderungswürdige und sinnvolle Streben und Können einer Zelle erlangt hat. Deshalb möge hier auch eine eingehendere Betrachtung am Platze sein.

Die Peridiniaceen sind braune, ziemlich große Einzeller, die sich im Plankton der Seen, noch mehr aber in der Hochsee massenhaft vorfinden und dadurch als Nahrung für höhere Tiere große ökologische Bedeutung gewinnen. In pflanzenreichen Sümpfen gibt es auch eine ganze Anzahl solcher zierlichen Gestalten, die unsere besondere Aufmerksamkeit dadurch herausfordern, daß nackte Formen unter ihnen vorkommen als Beweis, daß der Panzer der anderen eine Sonderanpassung darstellt. Und zwar welche? Schütt sagt in seinem schönen Werke „Die Peridineen der Planktonexpedition", das jeder kennen muß, der sich mit diesen reizenden Geschöpfen beschäftigt, die sehr „antimechanistisch" klingenden Worte darüber: „Die Eigentümlichkeiten der Membranbildung erklären sich zum großen Teil aus dem Streben der Zelle, sich mit möglichst geringem Aufwand von Material eine widerstandsfähigere Hülle zu schaffen."

Man beliebe nun einen Blick auf die umstehenden Bilder zu werfen, die dem Prachtwerke Steins über die Peridineen, die er arthrodele Flagellaten nennt, entnommen sind. Sie stellen die Lebensgeschichte einer gemeinen marinen Art, des Goniodoma acuminatum St., dar, welchen Stein in der Kieler Bucht mit seiner gewohnten Gründlichkeit studierte. Diese Wesen sind nach der Teilung (Fig. 10) nackt und schwimmen so ein Weilchen schutzlos umher. Bald aber setzt das Dickenwachstum ihres feinen Hüllhäutchens ein, das sich, wie Schütt sagt, nach denselben mechanischen Prinzipien vollzieht, wie die Verdickung der Zellmembranen in den Gefäßbündeln höherer Pflanzen, nur daß hier die Verdickungsschichten von außen aufgelegt werden. Es treten auf diese Weise zuerst feine Leisten auf, die eine Art Täfelung der Körperoberfläche markieren; früher melden sich auch schon zahlreiche Membranporen, so daß der Protoplast jederzeit mit der Außenwelt in Berührung treten kann und durch ausgestreckte feine Plasmafäden auch tritt. Die fertige Rüstung läßt dann eine ziemlich große Anzahl Tafeln erkennen, die man alle mit besonderen Namen unterscheidet (siehe die Figurenerklärung), was weniger wichtig ist, als zu wissen, daß durch sie eine Art Helm gebildet wird, der durch eine dem Visier entsprechende Furche, die freilich auch mit einem Gürtel verschlossen ist, in zwei Schalen zerfällt. Die Platten des ganzen Panzers sind durch übereinander geschobene Falzränder verbunden, die dachziegelartig übereinandergreifen und durch Rillen gewissermaßen ineinander gehakt sind. Das Ganze ist ein von höchster technischer Vollendung durchdrungenes Gebäude, an dem „der Zelle Streben" dann seine Talente entfaltet. Die Platten sind mit Leisten verstärkt, die in Form von Netzen, Kämmen, Segeln, Stacheln hervortreten. Kühnere Gebilde dieser Art haben ihre besonderen Strebepfeiler, die sie vor dem Abbrechen behüten.

Der Zweck dieser Leisten ist von jeher jedem Betrachter eindeutig gewesen. Sie erzielen große Festigung bei weiser Materialersparnis, und manche von ihnen (so die scharfen Leisten und Stacheln) dienen als Ausleger, vielleicht auch als Schutzwaffe. So wenigstens faßt sie Schütt auf, wenn er meint, daß diese kamm-, messer- und sägeartig gezackten scharfen Vorsprünge der Membran eine wirksame Waffe gegen feindliche, kleine Tiere sein müssen.

Ich bin bei Beschreibung dieser Dinge recht ausführlich geworden, denn man muß eine solche Zelle wirklich liebevoll betrachten, um zu fühlen, daß in dem Baustein des Lebens auch die Elemente des seelischen Lebens wirken, und daß es lächerlich ist, sich darunter einen „Eiweißkörper mit bloß chemisch-physikalischen Eigenschaften" vorzustellen.



Gonlodoma acuminatum (Stein) = Peridinium acuminatum (Ehrenberg).

Fig. 1, 2 und 9—12 nach Exemplaren von Kiel, die übrigen Figuren nach Exemplaren aus dem Atlantischen Ozean. Fig. 1. Lebendes Individuum von der Rückseite, mit braunem, dem Panzer eng anliegenden Weichkörper, n der Nucleus. Fig. 2. Ein unbewegliches Individuum, dessen Weichkörper (w) sich vom Panzer gelöst und kugelförmig zusammengezogen hat, ebenfalls von der Rückseite. Fig. 3. Leerer Panzer von der Bauchseite mit überwiegend sichtbarem Vorderleib. f^1, f^2, f^3 = Die drei Frontalplatten. a = Die Scheitelgrube. b^1, b^5 = Die 1. und 5. Basalplatte des Vorderleibes. mb = Das zu einer vorderen Längsfurche umgestaltete Mundbasale. o = Der Mund. mp = Die hintere Längsfurche. p^1, p^5 = Das 1. und 5. Basale des Hinterleibes. e^1, e^3 = Die 1. und 3. Endplatte. Fig. 4. Panzer, von der Rückseite nach vorn geneigt, mit mehr sichtbarem Hinterleib. e^2 = Die zweite, scheinbar einzige Endplatte. Fig. 5. Panzer von derselben Seite in genau horizontaler Lage der Längsachse. Fig. 6. Polaransicht des Vorderleibes. f^1, f^2, f^3 = Die drei gleich großen Frontalia mit der Scheitelgrube im Zentrum. b^1—b^5 = Die fünf Basalplatten. mb = Das Mundbasale oder die vordere Längsfurchenplatte. Fig. 7. Polaransicht des Hinterleibes. p^1—p^5 = Die fünf Basalplatten. mp = Die hintere Längsfurchenplatte. e^1, e^3 = Die zwei kleineren ventralen Endplatten. e^2 = Die größere dorsale Endplatte. Fig. 8. Ein Hinterleibspanzer in umgekehrter Lage, also von der linken Seite gesehen. Die Buchstabenbezeichnung wie in Fig. 7. Fig. 9. Ein ähnliches Individuum wie in Fig. 2, aus dessen beim Auflegen des Deckglases zertrümmertem Panzer der bereits von einer weichen Hülle umgebene Weichkörper hervortritt. n = Der in die Quere verlängerte Nucleus. Fig. 10. Die nackte, frei umherschweifende Form. Fig. 11. Zyste mit zwei Teilungssprößlingen. Fig. 12. Zyste mit vier Teilungssprößlingen. Fig. 13. Junges, ovales Individuum, welches bereits die charakteristische, sekundäre Gliederung des Panzers zeigt.

(Faksimile aus Stein „Der Organismus der arthrodelen Flagellaten".) 650fach vergrößert.

Die in der Querfurche gezeichneten Wimpern existieren in Wirklichkeit nicht, da Stein in den Irrtum verfiel, Wimpern an Stelle der in der Furche liegenden Quergeißeln anzunehmen.

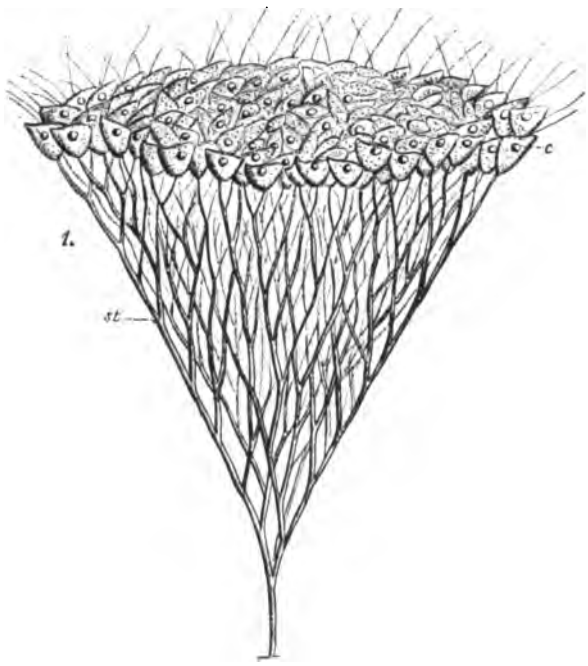
Was wir hier kennen gelernt haben, entspricht zugleich dem mechanischen System der Zelle. Es ist eine treffliche Belehrung darüber, daß die ursprünglichen Unterschiede zwischen Tier- und Pflanzenzelle eigentlich nur Unterschiede in der Skelettbildung sind, wenn man so sagen darf. Huxley, der in England nach Darwin der größte Vorkämpfer für den Darwinismus war, hat dies ganz richtig erkannt, wenn er schon vor langen Jahren einmal sagte: die Pflanze sei eigentlich nur ein in eine Holzbüchse gesperrtes Tier. Hätte man all das überdacht, was in diesen Worten gesagt ist, und danach gestrebt, diese Wahrheit an der Natur zu erproben — es wäre manches anders gekommen in unserer Wissenschaft.

Heute sieht man es schon in weiten Kreisen ein, daß alle Unterschiede zwischen Pflanze und Tier im Grunde doch nur auf die bewußte Holzbüchse zurückgehen. Die Pflanzenzelle hat ihr Skelett außen so wie die Käfer, und nur selten (so bei einigen Dinoflagellaten und Meeresalgen) hat sie es im Innern ausgespannt. Sie beschränkt sich dadurch bald und wird schwerfällig — was die tierische Zelle mit Glück vermeidet. Daraus entspringt dann alles Weitere. Diejenigen Tiere, die es nicht so halten, wie z. B. Schwämme, Korallen und Polypen, sind auch so pflanzenähnlich, daß es einen harten Kampf kostete, bevor die Zoologen einwilligten, sie als ihre Pfleglinge anzunehmen.

Es ist nun in hohem Grade bemerkenswert und für die Begründung des Stammbaumes der Lebewesen sicher nicht ohne Bedeutung, daß im Kreise der Flagellaten in jeder ihrer großen Formengruppen das Bestreben zum Erstarren, sagen wir, zur Korallenstockbildung, da ist. Es gibt sowohl unter den Monaden als unter den Euglenen und Chrysomonaden sogen. soziale Formen, die sich zu lockeren oder dauernden Zellenstöcken vereinigen und durch die dabei aufgewandten Fähigkeiten dem Pflanzenanatomen besonderes Interesse einflößen müssen. Die auf S. 54 abgebildeten Anthophysen sind ein Beispiel solch lockerster Sozialisierung; ihr Zellköpfchen löst auch oft genug seinen Zusammenschluß. Die Dinobryen stellen die nächst höhere Stufe dar (vgl. das Bild auf S. 57). Unter den Monaden gibt es einige sehr seltene, dafür um so seltsamere Wesen, die Stein Dendromonas und Poteriodendron genannt hat. Die Baummonaden (siehe das Bild) bilden ein vielverzweigtes Stielgerüst, an dem sie in Dolden oder Scheindolden so angeordnet sind, wie in den Blütenständen vieler höherer Gewächse die Blüten. Andere verwandte Formen (Cladomonas, Spongomonas) scheiden so wie die Ockeralge (Anthophysa) schleimige, nur diesmals verzweigte Stiele oder wahre Blasen aus, die sich bald mit Fremdkörpern inkrustieren. Poteriodendron (Bild siehe S. 63) sitzt in Hülsen, die sich zu reizenden Familienstöcken auf noch unerklärte Weise zusammenschließen; auf verästelten Stielen sitzen auch manche Kragenmonaden (Codonocladium, Codonosiga), eine auf verzweigten Schleimstielen sitzende Euglene (Colacium) haben wir in Wort und Bild schon S. 29 kennen gelernt, und so kann für uns kein Zweifel mehr obwalten, daß in allen Flagellatenzellen ein Bautrieb tätig ist, der für die aus flagellatenartigen Urwesen hervorgegangenen vielzelligen Wesen von sehr großer Bedeutung war, denn er ermöglichte es, die Brücke vom Einzeller zum vielzelligen Leben zu schlagen. Wenn man also diese Verhältnisse kennt, wird man es unbegreiflich finden, wie einige Naturforscher unserer Tage sagen können, es lasse sich nicht einsehen, welches Bedürfnis denn aus den Einzellern soziale Wesen gemacht habe. Die Flagellaten würden ihre Baukunst nicht

so oft anwenden, wenn nicht ihr Bedürfnis nach besserer Sicherung sie dazu angetrieben hätte, und die Familienstockbildung ist nur eine andere Anwendung der gleichen Schutzidee, die den Panzer der Dinoflagellaten ins Dasein rief.

Ich glaube, es ist mir, soweit es der spröde Stoff zuläßt, gelungen, auch meinen Lesern einiges von dem Vergnügen einzuflößen, das jeden echten Forscher erfüllt, wenn es ihm glückt, das verwirrend bunte Vielerlei lebender Erscheinung aus wenigen Motiven und Kräften heraus verständlich zu machen, wie es soeben geschah. Ich schmeichle mir damit, mit dieser Art von Darstellung mehr Interesse für diese Allerunbekanntesten der Pflanzenwelt zu wecken, als wenn ich bloß die übliche „klare" Übersicht über die Formen und ihre systematische Gliederung hersetze, womit doch, bei Licht betrachtet, nicht mehr geboten ist, als eine beschwerliche Menge von nichtssagenden Namen und Begriffen, die einen Menschen, der mit freudigem Gemüt die Natur in ihren intimsten Reizen kennen lernen will, eher abstoßen denn anziehen kann. Es sei also nochmals als Wegweiser hergesetzt: **den Organismus der Geißelzellen (und aller Pflanzen) aus ihrer Lebensweise zu verstehen, das ist unser oberstes Ziel!**



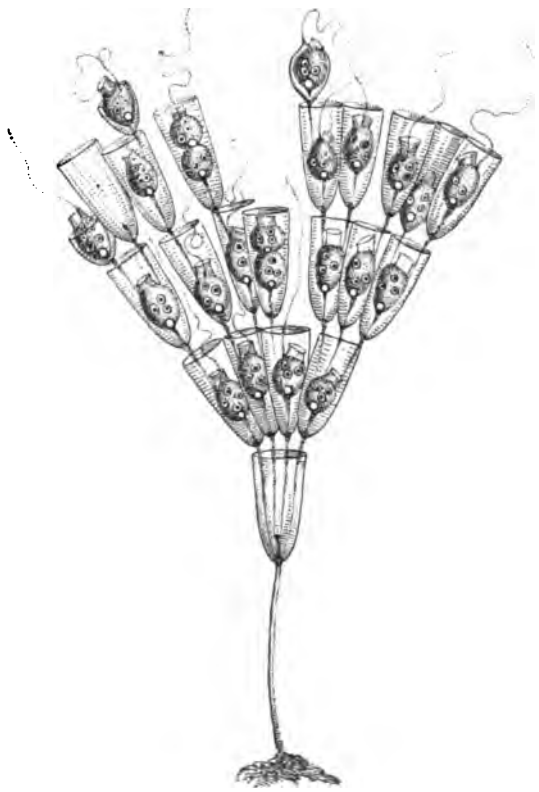
Stiel- und Gehäusebildungen der Flagellaten. Baummonade (Dendromonas virgaria St.). st = Stiel. 650fach vergr. (Nach Stein.)

Daß eine solche Betrachtungsart berechtigt ist, kann auf keinem Gebiete mit besseren Gründen belegt werden, als wenn wir Ernährungsart und Körperbau aneinander abwägen.

Welche Lebensweise kann denn — so müssen wir uns fragen — eine solche einzeln durch den Wassertropfen schweifende Zelle überhaupt führen? Sie hat nur vier Möglichkeiten. Entweder sie ist ganz bescheiden und nährt sich von dem, was übrigbleibt, von dem Abfall der verwesenden, ausgestoßenen organischen Substanzen, an denen jedes stehende Gewässer reich ist; dies wäre die Ernährungsweise der **Saprophyten**. Oder sie ist noch harmloser und verwertet die Gase der Luft und die im Wasser gelösten Salze nach Art der Pflanzen. Dies sind die **Autophyten**. Oder sie gibt die Freiheit auf und wird zum eklen und bösen Schmarotzer, der von anderer Lebewesen Säfte lebt. Dies sind die **Parasiten**. Oder sie macht von allen ihren Kräften den energischesten Gebrauch und wird ein Raubwesen, das sich mit Gewalt, durch die Überwältigung anderer sein Dasein sichert. Dies ist die tierische Lebensweise. Und man kann diese Wesen **Raubzellen** nennen. Es ist fast ein Spiegelbild der menschlichen Gesell-

schaft, das uns aus dem Wassertropfen entgegentritt, denn alle diese „Lebensweisen" haben unter den Geißelzellen ihre Anhänger gefunden so gut, wie unter den Menschen.

Diese Lebensweise formt den Körper derart nach ihren Bedürfnissen, daß man nach ihr die großen Systemgruppen der Geißelzellen unterschieden hat, je nachdem feste Nahrung aufgenommen und assimiliert wird, je nachdem besondere Einrichtungen zur Nahrungsaufnahme da sind, oder die Nahrungsbissen nach Art der Rhizopoden aufgenommen werden, je nachdem sich als Stoffwechselprodukt Stärke oder Öl und Leukosin einstellt, je nachdem die Chromatophoren gelbbraun oder grün sind. Nach solchen Gesichtspunkten unterscheidet z. B. G. Senn, der die neueste zusammenfassende Bearbeitung der Flagellaten gegeben hat, seine sieben Unterabteilungen der Pantostomatinen, Distomatinen, Protomastiginen, Chrysomonadinen, Cryptomonadinen, Chloromonadinen und Euglenininen. Aber es bereitet ihm große Schwierigkeiten, die Grenzen zu ziehen, da sich die ungefügen Geißelzellchen gar keiner Klassifikation unterordnen wollen, sondern manchmal die Merkmale mehrerer Gruppen zugleich am Leibe tragen. Ich will davon wenigstens ein Beispiel geben. Man sollte doch glauben, daß wenigstens der Besitz von grünen Chromatophoren schon eine ganz andere systematische Reihe markieren müsse, als der Mangel daran, und doch sind wir gezwungen, als Euglenininen farblose und grüne, tierische und pflanzliche Formen zusammenzufassen, als ob es nur von der Willkür der Zellen abhinge, einmal so und einmal anders zu sein. Die systematischen Grundbegriffe geraten in dieser phantastischen Kleinwelt gar arg ins Schwanken, denn es verhält sich wirklich so. Die Anpassungskraft durchbricht die von unserer Wissenschaft gezogenen Schranken.



Stiel- und Gehäusebildungen der Flagellaten.
Poteriodendron petiolatum St., 550fach vergrößert.
(Nach Stein.)

H. Zumstein, ein Schüler des berühmten Flagellatenforschers G. Klebs, hat durch Versuche nachgewiesen, daß die gemeine Euglena gracilis bei Lichtmangel oder sehr reichlicher Fütterung mit organischer Nahrung ihren Chlorophyllapparat aufgibt und farblos wird. Aber von der Dunkelkultur ins Tageslicht gebracht, zeigt sie schon am andern Tage einen grünen Schimmer, und schon nach wenigen Tagen ist sie wieder ein assimilierendes Pflanzenzellchen. Andere Algenforscher (Artari,

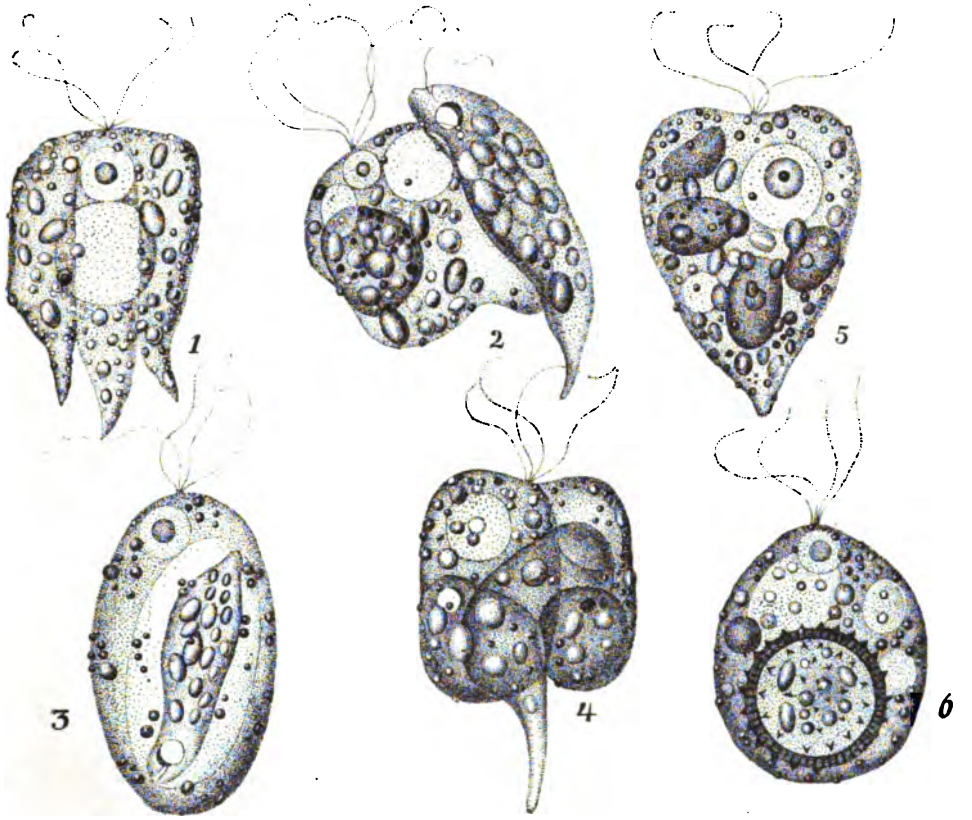
Beijernick, Matruchot usw.) haben gefunden, daß auch so typische Grünalgen, wie Scenedesmus (Bild siehe S. 34), Stichococcus oder braune Kieselalgen (Nitzschia, Navicula-Arten), bei Darbietung von Zucker oder reichlicher Fäulnisnahrung farblos werden, ob sie nun Licht haben oder nicht, und so haben wir genugsam Beweise an der Hand, um mit der alten Vorstellung zu brechen, daß das Vorhandensein von Chlorophyll ein stammesgeschichtliches Organisationsmerkmal sei. Diese Erkenntnis wirft manches hübsche Systemgebäude um, das sich auf die Art der Ernährung und Färbung der Pflanzen aufbaute; sie knüpft Algen und Pilze fest zusammen und eröffnet einen Zugang, wie man die wahren Verwandtschaftsverhältnisse dieser proteischen Wesen erlauschen könne. Man sieht von ihm aus freilich nur, daß es eine heute noch über unsere Kraft gehende Arbeit sei, diese wahren systematischen Zusammenhänge herzustellen — weshalb ich mich hier auch nur mit einem rein praktischen System der Flagellaten bescheide.

Warum ich mich aber auf diese merkwürdige Begriffstüftelei und Entwirrung solch feiner Fäden einließ, statt auf das Ganze zu blicken, wie es der Geist dieses Werkes erfordert? Weil es nötig war, an einem fein und reinlich ausgearbeiteten Beispiel zu zeigen, wie unsicher die Wissenschaft auf diesem Gebiete noch tappt. Und zwar deshalb tappt, weil sie, wie ich glaube, noch immer nicht die so dringend notwendige Analyse der Zelleneigenschaften und Kräfte vorgenommen hat, welche die Grundlage des ganzen Verständnisses für das Pflanzenleben ist. Denn das wird jeder einsehen, wie viel mehr Verständnis man für die Kulturleistungen einer Stadt haben muß, wenn man das Wirken ihrer einzelnen Bürger genau kennt — mit solchen Verhältnissen etwa ist aber die Lebensbetätigung der Blütenpflanze und der Einzeller zu vergleichen. Darum muß man immer wieder nur auf den Punkt zurückkommen, daß mit gründlichem Studium der Einzeller die solide Grundlage für die ganze Lebenswissenschaft erworben wird!

Kehren wir nun nach dieser Abschweifung wieder zu der Ernährung der Geißelzellen zurück, so müssen wir jetzt einige Hauptvertreter der vielerlei Lebensweisen betrachten. Da wäre zuerst die Raubzelle.

Einen ganzen Sommer lang habe ich die Lebensweise einer solchen studiert und kann davon folgendes erzählen. Das nebenstehend abgebildete Zellchen wird von den Keimern als Collodictyon triciliatum bezeichnet, trotzdem es 4 Cilien hat. Dieses kleine Wesen, das nicht viel anders aussieht als ein Schaumtropfen, lebt in moorigen Gewässern oder kleinen Weihern, in denen es sich rastlos herumtreibt. Es ist eine „einsam schweifende Bestie", die den Eindruck macht, als ob sie ununterbrochen auf der Lauer wäre. Sie lebt in einer volkreichen Gegend. Euglenen tummeln sich um sie, die wie eine Scholle flachen Phacus-Zellchen, Trachelomonaden, Astasia, Chlamydomonaden, Infusorien und sonst zahlloses „Gezell" wirbeln und schießen durcheinander und geben dem Räuber oft Gelegenheit zuzugreifen. Aber er macht keinen Gebrauch davon. Eine Peranema-Zelle zieht vorbei, strotzend voll von kleinen Algen, sie stößt fast an und wird verschmäht, eine Astasia kommt hurtig, bleibt lange in unmittelbarer Nachbarschaft — unbehelligt, wie wenn sie nicht vorhanden wäre. Eine ebenso große Euglene schwimmt heran, ganz so gestaltet wie die vorigen, ebenso wehrlos, ebenso flink wie jene — und hastig stürzt sich unser bisher so teilnahmsloser

Freund auf sie. Sie biegt nach rechts, er auch, sie biegt nach links, schon eilt er ihr nach und vollführt die zweckmäßigsten Bewegungen, um die Alge festhalten und verschlingen zu können. Und es gelingt (siehe die Bilder). Nur Euglenen, Chlamydomonas und Trachelomonas werden als Opfer erwählt, sonst nichts; nur sie werden von dem kleinen Körperchen umarmt, schon nach wenigen Minuten durch diese Umarmung getötet (wie? das kann man nicht sehen, vielleicht durch ein Enzym). Alsdann stülpt



Collodictyon tricilliatum Cart., eine räuberische Geißelzelle, die sich von Euglenen nährt.
1 = Normales Individuum. 2 = Zelle im Begriff, eine Euglena zu erfassen. Eine andere ist bereits in Verdauung. 3 = Eine Zelle mit einer soeben erfaßten Euglena, die in eine Verdauungsvakuole eingeschlossen ist. 4 = Eine Zelle mit drei getöteten Euglenen, deren eine aus dem Körper heraussteht. 5 = Eine Zelle, die zahlreiche Chlamydomonaden verdaut hat und mit Stärkekörnern vollgepfropft ist. 6 = Eine Zelle, die eine Trachelomonas schon fast verdaut hat. 440fach vergrößert. (Originale des Verfassers.)

sich das gefräßige Collodictyon wie ein Handschuh um die unglückliche Zelle, schließt sie ganz ein, und schon sieht man eines der wunderbarsten Dinge: wie die Zelle verdaut wird! Es geht unheimlich rasch. Zuerst häutet sich der Bissen ab, die Zellhaut verschwindet wie weggeätzt, dann zerfällt das Chlorophyll in Scheiben, die mißfarben werden, sich bräunen und schrumpfen. Schließlich liegen die großen Stärkekörner dem gierigen Räuber, der inzwischen schon längst wieder Jagd macht, im „Magen". Das Unverdauliche wird entleert, einfach durch eine Öffnung hinten ausgebrochen.....

Aus diesen Erfahrungen läßt sich gar manches lernen, was Allgemeinwichtigkeit hat. Schreiten wir vom weniger Wichtigen zum Bedeutungsvolleren vor, so muß man vor allem darauf achten, daß der Bau zur Lebensweise paßt, wie das Petschaft zum Siegelabdruck. Wer raubt, muß hurtig sein, im Wasser also gut schwimmen können. Dementsprechend ist der Geißelapparat ausgezeichnet entwickelt. Kein zitterndes Tänzeln wie bei den Euglenen hat der Peitschenwirbel zur Folge — nein, rasche, kräftige, elegant sichere Bewegungen, die das Wort „zielbewußt" dafür nur schwer unterdrücken lassen. Der Räuber umfließt seine Beute. Er darf also keine derbe Haut haben — ein Zug, den man bei allen Raubmonadinen wiederfindet. Ihr Plasma ist häufig sogar so schleimig, daß sich allerlei Fremdkörperchen daran ohne Zutun der Zelle anheften.

Jeder Teil des Körpers ist Mundöffnung, jeder ist Magen, aber merkwürdigerweise nicht jeder After. Denn nur am Hinterende werden die Reste ausgestoßen, woraus der Denkende folgert, daß auch diese höchst einfache Lebenshaltung nicht ohne gewisse Ordnung haust. Ich habe mit Vorliebe die Einfachheit der Organisation betont, denn um so schärfer hebt sich von diesem Hintergrund das unverkennbar Planvolle ihrer Funktion ab. Man hat sich in neuerer Zeit oft darin gefallen, das Jagdmachen der Infusorien als phantasievolle Übertreibung zu verlachen. Aber wenn man hundertmal dabei zugeschaut hat, urteilt man ernster darüber. Wenn „Jagdmachen" das bedeutet, daß der Jäger auf bestimmtes Wild pirscht, dann jagt Collodictyon im Algenwald. Nun hat ja moderne Botanik dem Begriff das Bedenkliche genommen, indem sie in solchen Fällen die Erscheinungen als Wirkungen des Chemotropismus bezeichnet. Es heißt, die Zelle sei eben für gewisse chemische Reize, die von ihrer Nahrung ausgehen, abgestimmt. Diese Erklärung umschreibt mit anderen Worten das Fragliche an der Erscheinung, aber sie erklärt nichts. Denn nun muß man fragen: Warum ist Collodictyon just so und nicht anders abgestimmt?, worauf man mit den Achseln zucken, aber nicht befriedigend antworten kann. Deshalb scheut man sich denn allerneuestens nach Pfeffers Vorgange auch nicht mehr, ruhig zuzugestehen, in den Zellen liege einfach eine gewisse Wahlfähigkeit (Elektion). Und damit hat man dann eine zureichende Hypothese — freilich eine, die der Zelle etwas Urteilendes, also seelische Qualitäten zuschiebt. Das ist aber das Bedeutsame, was man sich über die Raubflagellaten merken und worauf man achten soll bei ihrer Beobachtung, daß sie ihre Nahrung auf intelligente Weise gewinnen.

Deshalb sind sie viel interessanter als die Saprophyten, denen übrigens die Wahlfähigkeit auch nicht ganz abgehen kann, weil sie doch nicht alles aufnehmen, was sich um sie herum findet, sondern nur gewisse, vor allem N-Stoffe. Über das Wesen des Saprophytismus habe ich in Bd. I, S. 364 bereits die nötigen Erläuterungen gegeben und kann hier davon nur soviel wiederholen, daß man den Saprophytismus in der Algologie neuerdings meist als heterotrophe Ernährung bezeichnet, was guten Sinn hat, da man dann in bequemen Schlagwörtern die feinen Nüancen der Ernährungsart unterscheiden kann, als Autotrophie, wenn nur CO_2 und unorganische Salze zur Nahrung dienen, und als Mixotrophie (was man früher halbsaprophytisch nannte), wenn CO_2 assimiliert wird, dazu aber noch unorganische Salze und organische C- und N-Verbindungen kommen. Es ist recht schwierig zu erforschen, ob ein solches Zellchen heterotroph, mixotroph oder rein autotroph ist, denn man muß es völlig

bakterienfrei kultivieren (warum? darüber bitte ich ein wenig nachzudenken), und das ist eine schwierige Sache. Wer es versuchen will, findet dazu die nötige Anleitung in der schon erwähnten Abhandlung von Zumstein im 34. Bande der Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Man hat durch solche Kulturen herausbekommen, daß sehr viele (auch der mit Assimilationsorganen versehenen) Geißelwesen gern an Fäulnisstoffen naschen, und das erlaubt wohl, diesen Schluß zu verallgemeinern. Ein sogen. Aufguß ist der wahre Nitrogengastschmaus für Saprophyten, und jeder Kenner der Kleinwelt weiß, wie vielerlei Flagellaten sich in solchen Aufgüssen einzufinden pflegen,* als Zeichen dessen, daß sie mixotroph leben. Denn merkwürdigen Lebensreiz empfangen sie von ihrer Nahrung. Zumstein hat das an der echt mixotrophen Euglena geprüft und gefunden, daß bei Zufuhr organischer Nahrung schon zur Ruhe gegangene Zellen bereits nach 16 Stunden wieder erwachten. Und so sprengen auch die anderen ihren zeitweiligen Sargdeckel, wenn sie in ein recht „nährendes Gewässer" gelangen.

Zur Aufsaugung der organischen Nahrung dient wohl die ganze Körperoberfläche, denn besondere Organe dafür sind nicht da. Echte Saprophyten sind meist farblos, enthalten aber oft Leukoplasten, d. h. jene plasmatischen Scheibchen, die man in den Assimilationszellen der höheren Pflanzen als erste Anlage der Assimilationsorgane findet, und aus denen nach Bedarf Chromoplasten und Chlorophyllkörner hervorgehen. Wenigstens hat F. Fisch solche Gebilde bei der sonst echt heterotrophen farblosen Chilomonas gefunden, die als Assimilationsprodukt denn auch kleine Stärkekörnchen in sich hegt. Andere Monaden (auch Chrysomonaden) bilden ein Kohlehydrat, das man Leukosin nennt und von dem man nicht viel mehr weiß, als daß es ein Stoffwechselprodukt ist. Da nun an den Euglenen unmittelbar verfolgt werden kann, daß sie je nach Bedarf ihre Assimilationsorgane ergrünen oder erblassen lassen, so stehen wir damit an der Pforte einer ganz neuen Auffassung, von der ich wenigstens einiges sagen möchte auf die Gefahr hin, mein Werk mit etwas allzuviel Fachdeutsch zu beschweren. Ich rechne aber doch auf Leser, die sich durch eigenes Studium in dieser sonderbaren Urwelt heimisch machen wollen. Und denen wird es alsbald auffallen, daß von denselben Wesen Parallelausgaben da sind — etwa wie Bücher, die verschieden gebunden sind. Es gibt Chilomonas-Formen, die braun sind — nur nennt man sie dann nicht Chilomonas, sondern Cryptomonas. Die Fäulnisalge Polytoma existiert in einer grünen Ausgabe — sie heißt dann Chlamydomonas — und in einer braunen, die man Hymenomonas nennt. Euglena hat eine farblose Parallelform in der Gattung Astasia, und so könnte man noch manches derlei zusammenstellen — aber nicht erklären, außer durch direkte Anpassung. In solchen Wesen haben wir lebendige Belege und Hinweise vor uns, wie man sich den innigen Zusammenhang zwischen Algen und Pilzen, Pflanzen und Tieren vorzustellen hat. So eine Chilomonas erzählt vom ersten Schöpfungstag, da es nur Urzellen gab, die — je nachdem es die Umstände erforderten — sich Lebenswerkzeuge zurechtmachten und, indem sie solche ihren Nachkommen vererbten, zu den Stammvätern dreier Entwicklungsreihen wurden, die sich

* Der gewöhnliche „Flor" aus Aufgüssen, in denen Pflanzen faulen, rekrutiert sich aus den Gattungen: Cercomonas, Oikomonas, Bikosoeca, Monas, Anthophysa, Chilomonas, Polytoma, Cyathomonas, Bodo, Petalomonas, Codonosiga, Salpingoeca, Monosiga und anderen mehr.

heute so fremd gegenüberstehen, als wären sie nie gleichen Ursprunges gewesen. Aber eine Monade kann noch alles sein. Wenn sie heterotroph lebt, ist sie die Urform der Pilze, wenn sie Chromatophoren ausbildet, die Stammzelle der grünen Pflanzen, und wenn sie auf die Jagd geht, der Urahn einer unendlichen Kette, deren letztes Glied wir zwei sind, du und ich, die wir da mitsammen etwas vom Hauch der Ewigkeit fühlen, der um solche Nichtigkeiten wittert. . . . .

Betrachten wir nun einmal die Pflanzenreihe, wie sie sich in der Urzellenwelt verankert. Sie beginnt etwa mit der Chilomonas, die Stärke produziert, und mit ihrer braungrünen Parallelform, der Cryptomonas. Sie hat in jeder der großen Gruppen von Flagellaten, die wir unterscheiden müssen, sowohl bei den Monadinen, als den Eugleninen und den Dinoflagellaten, ihre Vertreter, wenn diese auch der autotrophen Lebensweise so verschiedenartig angepaßt sind, daß man sie nie für einander nahestehende und gleichlebende Wesen halten würde. Da gibt es welche, die im herrlichsten Goldbraun erschimmern, so die honigfarbenen Dinoflagellaten und Chrysomonaden (die aber oft ins Olivenfarbene spielen), andere ziehen smaragden in einem unvergleichlichen Goldiggrün ihre Straße, so namentlich die Änderlinge; einzelne aber gefallen sich im buntesten Kleide. Eine Cryptomonas erscheint prächtig amethystviolett (Cr. erosa) oder lapis lazuliblau (Cr. cyana), eine andere wieder wein-, manchmal fast ziegelrot. Cryptomonas ovata zuweilen spangrün, die im baltischen Meere lebende Rhodomonas rosenrot und dergl. mehr. Alle diese Färbungen aber gehen auf Farbstoffe zurück, die den als Chromatophoren dienenden Plasmascheiben eingelagert sind.

Der Botaniker hatte hier also dasselbe Problem vor sich, wie bei dem Studium des Chlorophylls der höheren Pflanzen, er lernte Assimilationsorgane kennen von freilich in manchen Beziehungen anderer Ausprägung, als ihm sonst geläufig. Sie sind zwar auch Plasmaorgane, doch von eigener, feiner Struktur. Indem ich dies behaupte, urteile ich nach langjährigen eigenen Studien, die mich in Widerspruch bringen mit den herrschenden Ansichten. Um jedoch objektiv zu sein, will ich auch dieser gedenken. Es heißt allgemein, die Chromatophoren der Flagellaten seien Scheiben, seltener Bänder, die sich bei der Zellteilung durch Längsspaltung oder Durchschnürung vermehren. Dies ist auch ganz richtig, doch nach meinen Beobachtungen nicht alles. Denn bei den Euglenen, denen die bestentwickelten solcher Organe zukommen, finden sich in jungen, lebenskräftigen Zellen zuerst stets miteinander parallel spiralig verlaufende Plasmabänder (s. die Tafel), die erst später in sich abrundende Stücke zerfallen, die demnach auch in spiraligen Reihen angeordnet stehen. Ich weise auf diese an sich höchst unbedeutende Tatsache nur deshalb hin, weil sie ein sicheres Anzeichen ist, daß diesen Zellchen bedeutend mehr an innerer Verwicklung zukommt, als ihnen eine materialistische Auffassung des Lebens zugestehen will. Man lese doch daraufhin das nach, was ich im II. Bande dieses Werkes (S. 37—50) über den Bau der Zelle sagte, und vergleiche damit dann seine Erfahrungen, wenn man Euglenen, die das beste Studienmaterial für den Bau der Flagellaten abgeben, mit starken Vergrößerungen auf ihre Innenarchitektur prüft. Man muß nur sehen lernen, dann wird man mir recht geben: die Sache ist nicht so einfach. Ich will vorausschicken, daß ich noch nichts von diesen feineren Einzelheiten auf seine Funktion hin verstehen kann, und daß es deshalb sehr wenig

Geißelzellen (Flagellaten).

Fig. 1—7. Änderling (Euglena viridis Ehrb.). 1 = typische Form nach Klebs. 2 = typische Form mit dem Achsenfaden. 3 = dieselbe stark vergrößert, mit spiraligem Chromatophor und den Verbindungsfäden zwischen Zellern und der „Empfindungszone" am Vorderende, sowie dem Hinterende. Etwas schematisch. 4—5 = Metabolische Formen mit Paramylonkörnern. 6 = Palmellaform. 7 = Teilung im Palmellenzustand.

Fig. 8 = Euglena spirogyra Ehrb.
Fig. 9 = Lepocinclis obtusa Francé.
Fig. 10 = Phacus pleuronectes Ehrb.
Fig. 11 = Trachelomonas volvocina Ehrb.
Fig. 12—13 = Astasia tenax O. Fr. M., in verschiedenen Gestalten.
Fig. 14 = Rhabdomonas incurva St.
Fig. 15 = Vacuolaria virescens Cienk.
Fig. 16 = Petalomonas mediocanellata St.
Fig. 17—18 = Bikoecoca Entzii n. sp. mit ausgestreckter und eingerollter Geißel.
Fig. 19 = Cryptomonas ovata Ehrb.
Fig. 20 = Chilomonas paramaecium Ehrb.
Fig. 21 = Bodo edax Kl.
Fig. 22 = Costia necatrix Henn.
Fig. 23. = Cryptoglena pigra St.
Fig. 24—25 = Tetramitus rostratus St.
Fig. 24 = eine sich teilende Zelle.
Fig. 26 = Gyromonas sp. (noch unbeschriebene Art).
Fig. 27 = Multicilia lacustris Laut.
Fig. 28—30 = Noch unbeschriebene Monadinen des Süßwassers.
Fig. 31 = Hymenomonas roseola St.

(Fig. 1 und 31 nach Klebs, 22 nach Hennegny, 15 nach Senn, alle übrigen Originale des Verfassers).

Verzeichniss der Figuren.

Fig. 1. Einfache Form des Polarisationsapparates.

Fig. 2. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse.

Fig. 3. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Gypsplatte.

Fig. 4. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Quarzkeil.

Fig. 5. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Glimmerplatte.

Fig. 6. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzplatte.

Fig. 7. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 8. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 9. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 10. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 11. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 12. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 13. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 14. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 15. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 16. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 17. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 18. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 19. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 20. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 21. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 22. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 23. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 24. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 25. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 26. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

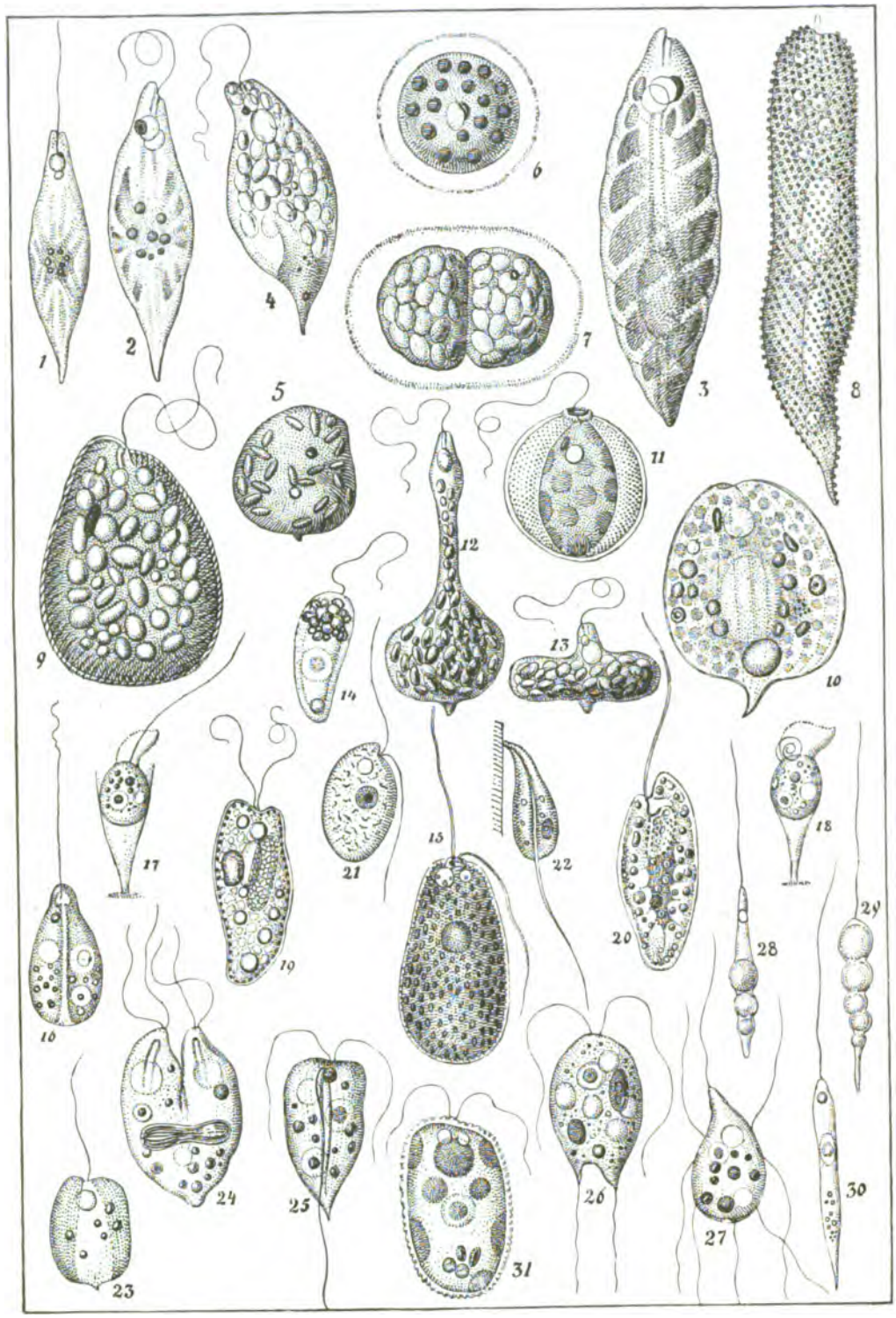
Fig. 27. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 28. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 29. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 30. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.

Fig. 31. Polarisationsapparat mit Bertrand'scher Linse und Doppelquarzkeil.



Geißelzellen (Flagellaten).

KOSMOS
GESELLSCHAFT
DER NATURFREUNDE
STUTTGART

UNIV. OF MICH.

Nutzen hat, solche Dinge zu erörtern. Aber das eine muß doch fest eingeprägt werden: der alte Begriff vom Wesen der Einzelzelle ist nicht haltbar. Denn wenn viele Apparate darinnen stecken, so zieht das mit Notwendigkeit den Schluß nach sich, daß auch die Funktion, die „Befähigung" auf ganz anderer Stufe steht, als man es bisher dachte. Um dieser Behauptung mehr Gewicht zu verleihen, soll einiges hergesetzt werden, was in einer Euglena-Zelle zu sehen ist. Von der feinen Durchbildung der Zellhaut war schon die Rede. Hinzuzufügen wäre noch, daß auch sie jene zwei sich kreuzenden Streifensysteme aufweist, die dem Infusorienforscher von manchen Wimpertierchen (Paramaecium), dem Pflanzenanatomen von verholzten Zellwänden wohl bekannt sind. Dann folgt eine dicke Wabenschicht, unter der die grünen Spiralbänder verlaufen. Man muß wohl unterscheiden zwischen einer Anatomie und Histologie der Zelle. Die letztere löst alles in Wabengewebe und Fädengespinste von großer Mannigfaltigkeit auf, die erstere erzählt von einem Bau, der phantastisch anmutet — weil man eben so etwas in einer Zelle nicht erwartet. Daß die Euglenen ein Schlundrohr (neuerdings Membrantrichter genannt) besitzen, ist gemeinbekannt, ebenso daß aus ihm die Geißel entspringt. Der Fachmann weiß auch, daß im Vorderende dieser Zellchen regelmäßig pulsierende Blasen sind (kontraktile Vakuolen genannt) und zwar zwei, die miteinander und mittels eines feinen Schlauches auch mit dem Schlundrohr in Verbindung stehen. Weniger bekannt dagegen ist, wie dieses Schlundrohr endigt. Es endigt nämlich erst am Hinterende der Zelle, zieht sich wie ein Darm durch das Ganze, umfaßt in einer gewaltigen Anschwellung das „Pyrenoid" und den ganzen Zellkern und ist das rätselhafteste Ding auf Erden — jedoch keine Sinnestäuschung von mir, da es mein einstiger Lehrer in diesen Dingen, Prof. Entz, und Prof. Kunstler in Bordeaux gleichfalls sahen. Auch auf der berühmten und oft abgezeichneten Abbildung von Euglena viridis, die G. Klebs in seiner vortrefflichen Euglenenmonographie veröffentlichte (und deren Kopie zum Vergleich meinem Bilde auf der Tafel beigegeben ist), finden sich die Beweise, daß dieser „Achsenstrang", wie ich das Gebilde — um seiner Deutung nicht vorzugreifen — benennen will, nicht allzuschwer zu sehen ist. Zwischen ihm und der Chlorophyllschicht liegen mehr oder weniger „Assimilate", nämlich Stärkekörner von jener besonderen chemischen Modifikation, die man Paramylon nennt, und zwar — wie ich immer deutlicher merke — in allerfeinsten Röhren, worauf übrigens auch schon ihre häufig wurst- oder nadelförmige Gestalt schließen läßt (vgl. die Bilder auf S. 29).

Ich bitte, meine Angaben — die ich übrigens bald in ausführlicherer wissenschaftlicher Ausarbeitung vorlegen werde — nachzuprüfen und sie erst dann zu glauben; ich fordere aber auf Grund des schon heute Zugestandenen, daß man die Notwendigkeit einer Zellenanatomie als eines besonderen Wissenszweiges anerkannt und damit auch die Berechtigung, sich vom Innenleben der Zellen denn doch etwas andere Begriffe zu machen, als in der Ära des seligen Materialismus, der das Plasma für einen „zähflüssigen Eiweißschleim" hielt. Das kann man dann gelten lassen, wenn man sich zufrieden gibt, den Menschen als Fleischklumpen zu definieren.

Soviel kann uns das wenige lehren, was man von der Morphologie der Chromatophoren weiß. Sehen wir nun zu, wie weit man in der Erforschung ihrer physiologischen Chemie gelangt ist. Der Universitätslehrer sagt: die grünen Chromatophoren

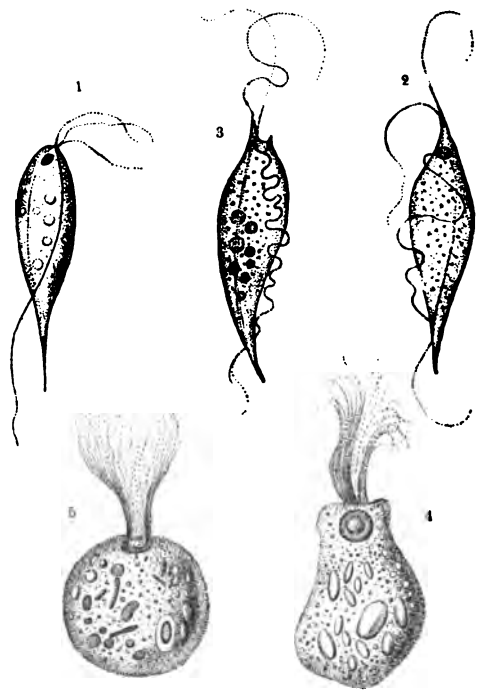
enthalten reines Chlorophyll, die gelben der Chrysomonaden einen Stoff, den man Chrysochrom nennt, und der sich so verhält, wie der Farbstoff der Kieselalgen; Rhodomonas enthält das Phycoerythrin der Rottange des Meeres, die Dinoflagellaten eine im Wasser lösliche rotgelbe Variante des Chlorophylls (Peridinin), die nach dem Absterben der Zelle rasch ausgewaschen wird, weshalb dann Dinoflagellaten (so wie Kieselalgen) meist grün werden. Wenn sich jedoch die Gelehrten gegenseitig kritisieren, so werfen sie sich vor, daß es korrekter wäre mitzuteilen, dem Chlorophyll sei stets noch ein gelber Farbstoff (Xanthophyll) beigemischt, in manchen Chrysomonaden sei Phycochrysin, der Farbstoff der Peridineen sei von Schütt doch als in seiner Zusammensetzung etwas verschieden von dem der Kieselalgen nachgewiesen, daher als Phycopyrin zu unterscheiden und dergl. mehr. Aber mich dünkt, solche „Korrektheit" wäre für mein Werk von Schaden — da es nämlich durch so viel unnütze Details das Verständnis von den Hauptsachen, z. B. davon ablenken würde, daß sich die Flagellaten in dieser Hinsicht als die Vorbilder der höheren Pflanzen erweisen, und daß man über die Bedeutung dieser Farbenunterschiede sozusagen nichts weiß.

Überhaupt, da wir schon einmal bei der Skepsis sind, ist es wohl an der Zeit einzugestehen, daß wir, weil wir den wirklichen Bau dieser Zellen noch nicht kennen, über ihre Lebenstätigkeiten auch mehr „Fachwörter" als Kenntnisse haben. Daher kann man alles Wissenswerte darüber sehr kurz abmachen.

Die farbigen Flagellaten assimilieren, das ist sicher. Sie nehmen unorganische Salze auf, verbrauchen Kohlendioxyd, scheiden Oxygen aus und bilden gelegentlich dieser Umsetzungen ihre Kohlehydratnahrung. Darum lagern sie Stärke ab, noch häufiger Fett, auch glykogenartige Körper und manches andere, das als Körnchen oder Ballen in ihnen sichtbar wird, von dem man aber nicht weiß, was es ist. Fettes Öl ist wohl immer vorhanden und wird von den Chromatophoren unabhängig im Plasma abgelagert. Die Stärke dagegen ist häufig (vgl. die Bilder der Tafel) an sog. Amylonkerne, moderner gesagt Pyrenoide, gebunden. Das ist auch so ein Begriff, an den sich nicht viel wirklich Verstandenes knüpft. Fr. Schmitz, ein hervorragender Algenforscher, hat sie sehr eingehend studiert, aber nicht mehr herausbekommen, als daß es besondere vermehrungsfähige, abgeteilte Stellen der Chromatophoren sind, in die ein der Zellkernsubstanz (Nucleïn) ähnlicher Stoff abgelagert ist, und um die gewöhnlich Stärkekörnchen entstehen, weshalb man sie meist mit dicken Stärkeschalen überdeckt findet. Da sich Stärke jedoch auch außerhalb von ihnen (so bei den Euglenen) bildet (sogen. Stromastärke), kann man nicht behaupten, daß sie zur Stärkebildung nötig sind; kurz gesagt: das Spekulieren nützt hier nichts, sondern man muß die Pyrenoide noch eifrig studieren. Das wäre so eine der vielen Aufgaben, durch deren Lösung auch Amateure, wenn sie es nur ernst nehmen mit ihrer Liebhaberei, die Naturkenntnis fördern könnten. Was bisher schon des öfteren angedeutet wurde und noch oft in die Melodie dieses Buches störend hineinklingen wird, die Unzulänglichkeit der Kenntnisse, sie ermöglicht tausenderlei einfache Aufgaben, die ohne viel Apparate und Gelehrsamkeit, nur durch Fleiß, gewissenhafte Beobachtung und treue Naturschilderung zu lösen sind. Ich will nur einige nennen. Da ist das Studium der Chromatophoren und Pyrenoide in Bezug auf ihre Form und Zahl, ihre Abhängigkeit von bestimmten Lebensverhältnissen, die Bildung der Gehäuse und Schutzmittel, die Auswahl der Nahrung bei Raubzellen, die

Arten der Nahrungsaufnahme und der Bewegung, die Funktion der kontraktilen Vakuolen im Wechsel des Lebensgeschehens und dergl., hauptsächlich Morphologisches und noch gar manches Biologische. Über das sollte viel mehr Beobachtungsmaterial zusammengetragen werden, und damit könnten sich unsere Mikroskopfreunde in der Erforschung der Natur nützlich machen.

Die vierte Lebensweise, die noch zu betrachten bleibt, ist die parasitische. Sie wird neuerdings von den Ärzten sehr viel studiert, denn die parasitischen Flagellaten sind zum Teil gefährliche Krankheitserreger. Es ist jedoch damit durchaus nicht gesagt, daß wir deshalb besonders tief in ihr Verständnis eingedrungen wären, denn jene vielen Dutzende von Arbeiten, die man jetzt in den medizinischen und bakteriologischen Archiven über parasitische Flagellaten findet, beachten mehr den Zusammenhang mit den Störungen im Stoffwechsel der Wirte dieser Parasiten, wie es auch von Ärzten nicht anders erwartet werden kann. Dem Naturforscher lohnt sich meist gar nicht die Mühe, diese Arbeiten zu studieren. An sich sind diese Schmarotzerzellen auch nicht besonders interessant, denn der Parasitismus entwickelt nicht, sondern vereinfacht nur. Müßiggang führt auch im Leben der Zelle zu Verfall oder mindestens zu Stillstand. Es ist also kein Zufall, daß die parasitischen Flagellaten nicht die Monadenorganisation überschreiten. Da ein guter Teil der naturgeschichtlichen Kenntnisse immer noch aus der Raritätensammlung stammt, die der Vorläufer der modernen wissenschaftlichen Institute war, so findet man in jedem Lehrbuch eine solche Schmarotzergeißelzelle beschrieben. Das ist die Trichomonas vaginalis. Das Kuriose an ihr ist, daß sie im Scheidenschleim der Frauen schmarotzt. Wenn man das so hört, vermutet man freilich ein wahres Infusoriengewimmel dort, wo höchste Reinlichkeit herrschen sollte. Man hat keinen Grund zur Beunruhigung: die Trichomonade ist nicht häufiger und bei keinen anderen Individuen anzutreffen als etwa jenen, die auch Krätzmilben oder die Kopflaus beherbergen. Und auch da ist sie ziemlich harmlos. Da sind die Erreger der Tsetse- und der Schlafkrankheit doch andere Gesellen.



Parasitische Flagellaten.
1 = Trichomastix lacertae Bl., aus der Kloake der Eidechse. (Nach Blochmann.) 200fach vergrößert. 2—3 = Trichomonas batrachorum Perty, aus der Kloake der Frösche. 600fach vergr. (Nach Stein.) 4—5 = Lophomonas Blattarum St., aus dem Darm der Küchenschaben. 600fach vergr. (Nach Stein.)

Über diese Schlafkrankheit wurde in den letzten Jahren so viel geschrieben, daß der Ausdruck heute wohl jedem Zeitungsleser geläufig ist. Weniger dagegen, um was es sich dabei handelt. Daher möge mir ein kleiner Ausflug in dieses mir allerdings auch nicht besonders heimische Gebiet gestattet werden, wobei ich den Mitteilungen folge,

die Dr. Stephens, einer der ersten Kenner der „tropischen Medizin", darüber gegeben hat.

Nach ihm ist gegenwärtig die Schlafkrankheit in Afrika zwischen dem Senegal und Kongo so verbreitet, daß in manchem Distrikt des Kongostaates jährlich etwa 4000 Menschen und ungezählte Haustiere (Pferde, Esel, Rind, Hund, Ziegen, Schafe) an der Surrah oder Nagana — wie der Afrikaner die Trypanosomenkrankheit nennt — zugrunde gehen. Ein trauriger Tod und vielleicht das elendeste Hinsiechen, das es gibt. Der Patient bekommt Kopfweh, sein Gesicht nimmt einen stupiden Ausdruck an, sein Gang wird schlotternd. Eines Morgens versagt die Sprache, mühsam lallt er nur,

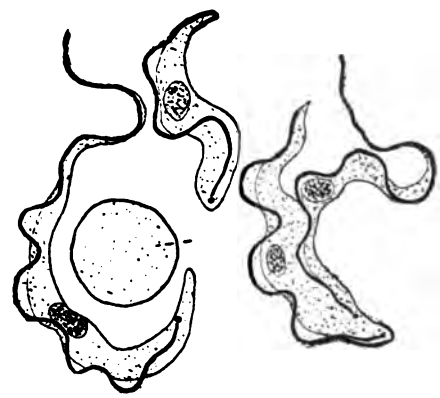
Schlafkranke Neger im Hospital von Auteuil. (Nach einer Photographie.)

seine Zunge, seine Lippen, seine Hände zittern unaufhörlich, seine Schwäche steigert sich, und nach 4—6 Wochen versinkt der Kranke ganz in Bewußtlosigkeit, aus der ihn der Tod erlöst. Und was ist die Ursache dieses schrittweisen Absterbens? Castellani entdeckte im Jahre 1902 in der Flüssigkeit, welche die Hohlräume des Gehirns erfüllt, das nachstehend abgebildete Würmchen, das wie ein Korkzieher umherschnellt und dem Protistologen ein guter alter Bekannter ist. Eine Monade, das Trypanosoma sanguinis, schon lange berüchtigt als Urheber der Tsetsekrankheit des Viehes in Afrika, Indien und Südamerika. Bruce und Nabarro finden bald darauf das Trypanosom auch im Blute der Gesunden; im Kongogebiet führt es fast jeder dritte Mensch (28,7 %) mit sich! Man glaubt heute, daß diese schreckliche Zelle die Schlafkrankheit dann hervorrufe, wenn sie aus dem Blute in die Gehirnflüssigkeit gelangt. Angesichts dieser Versicherung der Ärzte muß es also ein Hochgenuß sein, im Kongostaat zu leben.

Wie kommt jedoch das Trypanosom in das Blut? Darauf antwortet die Erinnerung an eine weitere Annehmlichkeit von Afrika. Im Schlafkrankheitsgebiet schwärmen Myriaden von Tsetsefliegen (Glossina palpalis und longipennis [siehe die Bilder auf S. 74]), die Mensch und Tier peinigen mit ihrem Blutdurst und ihnen außerdem auch noch Trypanosomen einimpfen. Sie selbst erwerben den Parasiten von Kranken und geben ihn an Gesunde weiter, wie man durch den Tierversuch mit Sicherheit feststellte.

Seitdem man dies weiß, ist Hoffnung, daß man sich der Trypanosomen erwehren kann, wenn es gelingt, sich vor den Fliegen zu schützen, was ja immerhin möglich scheint.

Sehen wir uns nun einmal diese kleine Ursache so großer Wirkungen näher an. Sie sieht aus wie der winzige Fetzen einer Zelle, wie ein phantastisch gezacktes Band, das sich krümmen und winden und umherflattern soll im Blute. Dem ganzen Körper entlang wallt ein unruhiger Saum, wie die Rüsche eines Frauenkleides. Das ist eine undulierende Membran; sie geht oft, aber nicht immer in eine Geißel über. Solche undulierende Membranen finden sich bei vielen parasitischen Flagellaten (bei Herpetomonas, Trichomonas) und deuten vielleicht auf den Tiefstand der Organisation. Das ganze Wesen ist sonst nichts wie eine Amöbe und steht noch zwischen diesen und den Flagellaten. Und doch besiegt es den mächtigen Zellenstaat des Menschen? Wie macht es das? Aber unsere Wissenschaft murmelt nur: wohl durch ausgeschiedene Giftstoffe — und dann schweigt sie, denn sie weiß nicht mehr von den Trypanosomen. Auch von den übrigen Parasiten unter den Geißelwesen weiß sie nicht allzuviel, und fortgesetzte Beobachtungen (namentlich würde es sich lohnen, im Darminhalt von Schmeißfliegen, Küchenschaben, Käfern und Fröschen mehr zu forschen; die Tropeninsekten sind in Bezug darauf noch fast ganz unbekannt!) werden sicher gar manchen unerwarteten Fund zutage fördern. Auch die Ernährungsphysiologie dieser Wesen ist erst zu schreiben. Ihr sogen. Parasitismus ist in den meisten Fällen wohl nichts anderes, als bloßes „Mitzehren“ (Kommensalismus) an unverdauten oder nicht mehr verdaubaren Nahrungsresten, oder auch Saprophytismus, soweit sich ihr Leben im Darm von Tieren abspielt. Auch läßt sich die Vermutung nicht unterdrücken, daß manche dieser Parasiten, so die auf S. 71 abgebildete Lophomonas, nur herabgekommene Wimperinfusorien sind — kurz, für Doktorarbeiten und den Ehrgeiz von Mikrologen, die aus Wissensdurst Zergliederung und das „blutige“ Handwerk des Anatomen nicht scheuen, winkt hier Lorbeer in Fülle.

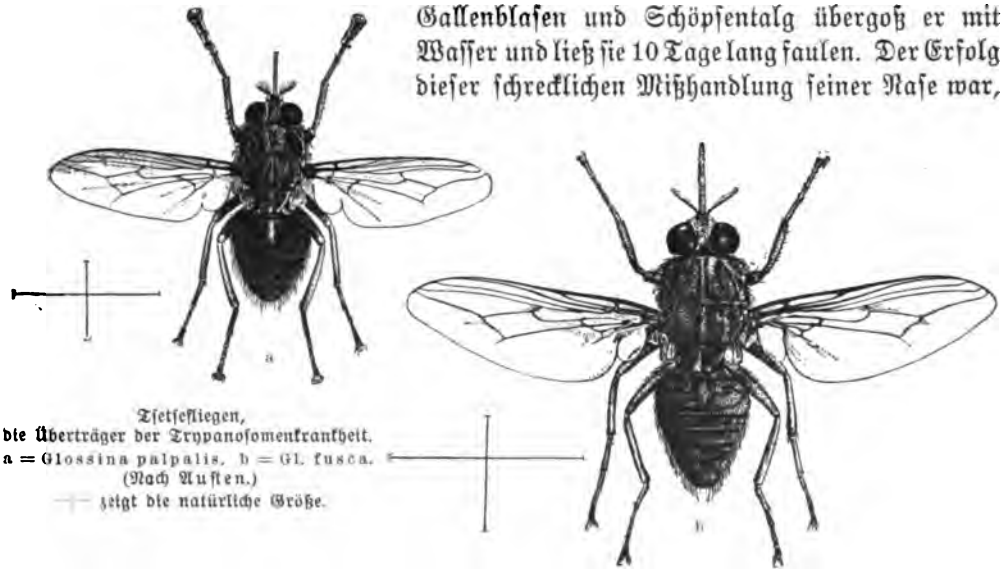


Trypanosoma ugandense aus dem Blute schlafkranker Menschen. Etwa 1200fach vergr.

Soweit ließ sich etwa bisher die Ableitung und Erklärung der Lebensformen aus der Lebensweise treiben. Für das weitere versagt sie allerdings, denn wir kennen den Bau der Zelle noch zu wenig, um die Einrichtungen, welche sich die Atmung, Ausscheidung, die Stoffwechselregulationen und die notwendig vorhandene Selbststeuerung

des ganzen inneren Getriebes geschaffen haben, zu beurteilen, wenn es auch unbezweifelbar ist, daß sie vorhanden sein müssen, da ja keine Funktion ohne ihre Organe besteht.

Die Atmung der Flagellaten ist unbezweifelbar. Sie wurde fast früher entdeckt als die Geißelzellen selbst. Wer in der naturwissenschaftlichen Literatur des 18. Jahrhunderts beschlagen ist, erinnert sich dabei, welch große Rolle in den naturphilosophischen Diskussionen jener Zeit „Priestleys grüne Materie" spielte. Es war eine wissenschaftliche Sensation ersten Ranges, als dieser berühmte englische Physiker im Jahre 1779 entdeckte, daß die grünen Wasserfärbungen „dephlogistierte" Luft ausströmen. Das Geheimnisvolle der Sache steigerte sich mit den kurioſen Versuchen, die Priestley nach dem Geschmack seiner Zeit anstellte. Blutkuchen, Fische, Gurken, Kalbfleisch, Kohl, tote Mäuse, Salat und Schaflunge, Gehirnteile, Gallenblasen und Schöpsentalg übergoß er mit Wasser und ließ sie 10 Tage lang faulen. Der Erfolg dieser schrecklichen Mißhandlung seiner Nase war,



Tsetsefliegen,
die Überträger der Trypanosomenkrankheit.
a = Glossina palpalis, b = Gl. fusca.
(Nach Austen.)
— zeigt die natürliche Größe.

wie er in seinen „experiments on the air" schreibt, daß etwas für unmöglich Gehaltenes eintrat: eine geheimnisvolle grüne Materie stieg in den Gläsern auf, und aus den Leichenteilen entströmte nun statt Verderben reine „Lebensluft", die wir heute Oxygen nennen. In dem reizenden Werkchen, das Prof. Wiesner über das „Leben und Wirken von Jan Ingen-Housz" schrieb, des Zeitgenossen Linnés, der um die gleiche Zeit die Wissenschaft vom Leben der Pflanze begründete, da man sich endgültig daran gewöhnte, den Pflanzen wissenschaftliches Interesse erst dann entgegenzubringen, wenn sie schon tot waren — in diesem Büchlein sind ganz köstliche Kapitel enthalten über den irregeleiteten Geist jener forschungseifrigen Zeiten. Ihr ganzer Streit um die Priestleysche Materie hat für uns heute nur noch eine wehmütige Komik, weil er doch daran gemahnt, daß ein Jahrhundert später auch unser Wirken und Streiten nur noch ein Lächeln wert sein wird. . . . Genannter Ingen-Housz hatte zuerst entdeckt, daß Priestleys Materie aus „Insekten" bestehe, die sich in grüne Pflanzen (Conferva fontinalis) verwandeln können, und dann wieder zum tierischen Sein zurückkehren. Dies war der Ausgangspunkt abenteuerlicher Hirngespinste, die heute alle begraben sind,

während der grüne Schimmer noch an jedem Sonnentag emporsteigt und jedem Dorflehrer bekannt ist als Euglena viridis, die Oxygen ausströmt in glitzernden Perlen — weil sie Kohlensäure zersetzt wie jede Pflanze, die aber auch Oxygen aufnimmt und Kohlensäure abgibt — weil sie atmet.

Trotz unserer Überhebung über die Rokokomenschen sind diese Zellchen aber auch für uns noch solche wunderliche „Insekten", vor denen wir oft genug ratlos stehen. Da liegt in ihnen ein festes Körnchen, das sich leicht färben läßt und das Analogon dessen ist, was man sonst in der Pflanzenzelle den Zellkern nennt. Wir haben es noch bei jedem Flagellaten gefunden und wissen, daß es bei der Vermehrung sich in demselben absonderlichen Fadenspiel betätigt wie alle Zellkerne, daß es also wichtig sein muß für die Vererbung der Eigenschaften — wir vermuten, daß es vielleicht auch sonst das Zentrum aller Selbststeuerungen ist, daß von ihm Impulse ausgehen, wenn es irgendwo an der Peripherie der Zelle Arbeiten zu verrichten gilt. Aber was nützt es mir zu sagen, daß die Dinoflagellaten ein Centrosom besitzen, daß die Karyokinese (vergl. darüber Bd. II, S. 37) bei Euglena und den Peridineen höchst eigenartig verläuft und als Amitose gedeutet wird? — wenn ich nicht weiß, wozu ein Centrosom dient und was der Sinn der Amitose ist. Feine Plasmafäden strahlen oft zu dem Kern, und feste Stränge verbinden ihn mit Mund- und Körperende — leicht ist es zu spekulieren, daß auf diesen Drähten Reize und Strebungen befördert werden, aber zu guter Letzt muß ich doch eingestehen, daß wir in einem Netz von Einbildungen stecken und es noch nicht entwirren können. Sonderbare Organe sind auf den Blättern der Flagellatennaturgeschichte verzeichnet. Die Monadinen haben oft eine „Mundleiste" (vergl. die Bilder auf S. 56), ein paar schiefgestellte Körnchen, von deren Bedeutung man gar nichts weiß. Im Innern der Monaden werden die Nahrungsbissen meist in eine „Nahrungsvakuole", in einen interimistischen Magen eingeschlossen. Warum? Ich weiß es nicht. Wozu ist der Membrantrichter der Euglenen da? Die merkwürdigen stabförmigen Gebilde und schlundartigen Gebilde in manchen Flagellaten? Auch wir raten auf „Insekten" dort, wo in Wirklichkeit Zellen sind, und lächeln über den, der uns den Fehler vormachte.... In manchen Geißelzellen ist ein Augenfleck (Stigma). Meist bei den grünen, prachtvoll zu sehen an Euglena, aber auch bei Chrysomonaden, sogar bei farblosen Monaden (Anthophysa). Manchmal in der Zweizahl. Er besteht aus roten Körnchen, aus Karotin oder Lipochrom, konstatiert die im Namengeben eifrige Wissenschaft. Auch mit der Erklärung ist sie schnell bei der Hand. Es sind Augen. Das ist auch mehr als plausibel. Ich habe vor 15 Jahren Tausende solcher „Augen" betrachtet und entdeckt, daß sie oft ein oder mehrere stark lichtbrechende Körnchen enthalten, die man als Linsen deuten kann. Die Fachgenossen wollten mir das lange nicht glauben, was mich ja nicht kränkte, da ich meiner Sache sicher war, also wußte, daß man sie wieder entdecken würde, was auch neuestens durch Strasburger und Overton geschah. Schließlich ist es aber eine Kleinigkeit, die nur dadurch Bedeutung gewinnt, weil jedermann die Analogie zum einfachen Pigmentauge der Rädertiere, Strudelwürmer der Cyclops- und Daphnia-Krebse einsehen muß, wenn er die Stärkelinsen im Flagellatenauge selbst gesehen hat. Die Bedenken dagegen sind vielmehr anderer Art. Erstens, warum haben nicht alle Geißelzellen Augen? Zweitens, wenn, wie sich unzweifelbar ergibt, auch jene ohne Augen lichtempfindlich sind, welches Bedürfnis schuf

dann die Augen? Daß der berühmte Physiologe Engelmann entdeckte, die lichtempfindliche Stelle bei Euglena liege schon etwas vor dem Stigma, beunruhigt weiter nicht, wie es auch ihn nicht abgehalten hat, das Flagellatenauge für ein Organ der Licht- und Wärmeempfindung zu halten. Daß es ein lebenswichtiges Organ ist, geht mir daraus hervor, daß bei künstlich farblos gemachten Euglenen das Stigma erhalten bleibt; auch wird es vor der Zellteilung zuerst verdoppelt. Genau so wie die kontraktilen Vakuolen, die auch so ein Rätsel der Natur sind. Besonders bedenklich erscheint dabei, daß die Pflanzenzelle diese beiden Errungenschaften eingebüßt, also eine Art Rückentwicklungsprozeß durchlaufen hat. Man müßte das für höchst mysteriös halten, wenn nicht neuere Wissenschaft aus tausendfältiger Erfahrung wüßte, daß jede Erscheinung am lebenden Körper auf die Dauer doch nur durch Tätigkeit besteht und zurückgeht, schließlich ganz verschwindet, wenn die sie ins Leben rufende Funktion aufhört. So ist das dritte Auge, das einst die Vorfahren der Wirbeltiere am Scheitel besaßen, verkümmert zur nutzlosen Zirbeldrüse, so verlieren Krebse, Käfer, Spinnen, die in Höhlen oder tiefen Brunnen leben, durch Nichtgebrauch ihre Augen, oder die parasitischen Krebse durch Nichtgebrauch ihre Bewegungswerkzeuge. Dieser Tatsachen muß man sich erinnern, um es begreiflich zu finden, daß Zellengemeinschaften, die auf freie Bewegung verzichtet haben, auch jener Organe verlustig gehen, welche durch diese freie Beweglichkeit einst zu ununterbrochener Funktion gezwungen waren, und nun untätig sind. Schon im Kreise der Algen hat sich das teilweise vollzogen. Doch ist es für den Phylogenetiker sehr vielsagend, daß sich die Fortpflanzung vieler dieser Algen (man denke an die Volvocineen, an Ulothrix, Cladophora u. a.) durch Schwärmsporen vollzieht, die einen ebenso gebauten Augenfleck und pulsierende Vakuolen besitzen. Daraus ist zu schließen, daß sich hier die elementare Befähigung aller Pflanzenzellen, Augen und Vakuolen zu bilden, bei wieder hervortretendem Bedürfnis sofort Durchbruch verschaffte.

Doch fällt hier auch ein wenig Licht ein, so wird es doch um so mehr verdunkelt durch die Geringfügigkeit unserer sonstigen Kenntnisse von den Vakuolen. Sie müssen natürlich irgend welche Bedeutung für das Innenleben der Zelle haben, sonst wären sie nicht so kompliziert gebaut. Sie ziehen sich etwa alle 15 bis 20 Sekunden (auch 30 bis 60 Sekunden) zusammen bei dem Änderling, worauf um sie ein Kranz kleinster Bläschen erscheint, die rasch ineinander einbrechen, die Hauptvakuole füllen (man nennt den Vorgang Diastole), worauf sich schließlich die Hauptvakuole zusammendrückt wie ein Gummiball (Systole). Manchmal kann man den feinen Kanal bemerken, durch den die Vakuolenflüssigkeit ausgespritzt wird. Und da man bei Wimpertierchen (man kann das leicht an Paramäcien oder Stentor beobachten) auch die Zuleitungskanäle entdeckt hat, die das Wasser aus dem Körper in die Vakuole sickern lassen, so dürften sie wohl auch noch bei den Geißelzellen zu finden sein. Im einzelnen sind die Verhältnisse natürlich etwas verschieden. Lehrreich für das Verständnis des Ganzen sind von diesen Einzeleigentümlichkeiten, daß bei manchen Monaden (Hexamitus, Trepomonas) die Vakuole zwischen zwei Systolen im Körper herumwandert, im passenden Augenblick jedoch an die Ausgangsstelle zurückkehrt, ferner, daß die parasitischen Geißelzellen keine kontraktilen Vakuolen haben, und daß die der marinen nicht funktioniert. Die Vakuolentätigkeit kann überhaupt beeinflußt, durch Gifte gelähmt,

durch Wärme beschleunigt werden. Will man nach alledem ihre Bedeutung beurteilen, so muß man sich sagen, daß sie zweifellos eine wässerige Lösung aus dem Körper pumpt, was man sehr hübsch an den Dinoflagellaten (deren Vakuolen höchst überflüssigerweise Pusulen genannt werden) sehen kann, da dort die „Sammelpusule" durch einen feinen Kanal mit der Geißelspalte verbunden ist. Diese Kanäle habe ich übrigens auch bei Euglena, Chlorogonium, Carteria usw. wiedergefunden. Dadurch ist der Vergleich mit der Harnblase nahegelegt. Doch muß, wenn das stimmt, Wasser von außen auch in den Körper dringen, sonst wäre er bald ausgepumpt. Es ist jedoch nicht anzunehmen, daß die Haut durchlässig ist — das Warum? werden sich meine Leser leicht selbst beantworten. So muß es also entweder Vakuolen geben, die Wasser einpumpen (so etwas behauptet Entz von Eutreptia), oder es nehmen die vielfach vorhandenen schlundartigen Organe Wasser auf. Genug an dem, auch hier heißt es: arbeiten und noch nicht spekulieren, denn die marinen und parasitischen Formen stehen mit alledem in Widerspruch, um so mehr, als wir die vielen dunklen, glänzenden Körnchen und Ballen, die sich fast in allen Geißelzellen finden, ohnedies für Abscheidungen halten müssen (man sagt deshalb auch, es seien Exkretkörnchen).

So ist uns der Organismus der Flagellaten noch immer eine schwer lesbare Schrift und oft ein gar krauser Text. Aber unendlich anziehend, wenn man bedenkt, daß die Entwicklungslehre starr und energisch fordert, in diesen zuckenden Pünktchen eine Zellseele zu suchen. Wenn sich die Körper aus der Vereinigung dieser Zellen emporgeschwungen haben, so muß sich ihre Seele auch durch die „Assoziation" der psychischen Fähigkeiten besagter Zellen gebildet haben. Danach zu suchen, ist die reizvollste Aufgabe des Mikrologen und die Pflicht des 20. Jahrhunderts in dieser Wissenschaft von der Kleinwelt.

Man ist ja sogar schon heute weit über die ersten Anfänge dazu hinaus und hat namentlich von dem Sinnesleben der Geißelzellen schon so viel erforscht, daß daraus mit Sicherheit der Schluß auf ein psychisches Minimum gezogen werden kann. Durch die Erfahrung wird so eine logische Forderung unserer Wissenschaft erfüllt. Es ist doch einfach ein logisches Bedürfnis, den Einzellern die Anfänge von Seelentätigkeit zuzugestehen, wenn man annimmt, daß sich der Mensch aus Einzellern entwickelt hat, über welche Annahme doch heute bei Naturkundigen kein Zweifel mehr herrscht. Wenn sich im Bau und Verhalten dieser Einzeller wirklich prinzipielle Übereinstimmungen mit den entsprechenden Verhältnissen von Mensch und Tieren nachweisen lassen, stützen sich diese beiden Beweismittel, Kontinuitätsargument und Analogieschluß, so kräftig, daß sie durch keinen Zweifel mehr umgestoßen werden können.

Solche Analogien wesentlicher Art sind nun die Lichtsinnesorgane der Geißelzellen, zu denen man wohl auch ihre Geißel als Tastorgan rechnen muß. Man hielt diesen Bewegungsfaden lange Zeit hindurch für einen einfachen Faden, bis die fortgeschrittene Technik unserer Zeit, indem sie die bakteriologischen Beizungs- und Färbemethoden auf die Flagellaten anwendete, dartat, daß auch hier ein merkwürdiger feinerer Bau vorhanden sei. Ich will vorausschicken, daß oft die Geißeln auf mich den Eindruck einer quergestreiften Muskelzelle machten, was Kunstler bestätigte, indem er behauptet, manche Geißeln bestänben aus dunkleren und lichteren Scheibchen, was man heute zwar nicht ableugnet, aber für ein Kunstprodukt hält. Darüber zu streiten, ist hier nicht der Ort. Seit A. Fischers darauf gerichteten Untersuchungen wissen wir jedoch, daß die

Geißeln meist viel länger sind, als sie gemeinhin dem Auge erscheinen, da sie wie eine Peitsche noch in eine unendlich feine Schnur ausgezogen sind, die etwa 2—3 mal so lang ist wie der Schaft, den man früher für die ganze Geißel hielt. Andere Geißeln (so die von Monas oder Euglena) haben zahllose Flimmerhaare, so daß ihre Schlagwirkung nicht der einer Peitsche, sondern vielmehr der eines Ruders gleichzusetzen ist. Wenn nun jemand aufsteht und diese seinen Flimmerhärchen den Tasthaaren der niederen Tiere vergleicht, wird ihm wohl nicht gut zu widerstehen sein, um so mehr, als man ja oft genug beobachten kann, daß gewisse Geißelzellen (ich bitte, daraufhin einmal Peranema oder Anisonema zu untersuchen) mit ihrer Geißel tastende Bewegungen ausführen, ihre Nahrungspartikelchen förmlich absuchen und ihre Körperbewegungen dem Erfolg entsprechend einrichten, so z. B. bei dem Betasten eines gefährlichen Sonnentierchens rasch zurückzucken. Man muß solchem Verhalten Tastempfindung zugestehen mit den von jeder Empfindung untrennbaren psychischen Elementen, nämlich einem, wenn auch noch so dunklen Lust- oder Schmerzgefühl und der damit schon auftretenden entsprechenden Begehrungsregung. Kein Psychologe wird mir in dem Punkte widersprechen — höchstens Naturforscher von mangelhafter psychologischer Bildung.

Anisonema grande St., mit Bewegungs- und Schleppgeißel. (Original d. Verfassers.)

Genau derselbe Schluß läßt sich auch ziehen aus der Zweckhaftigkeit der Bewegungen, mit anderen Worten, aus der Art und Weise, wie Flagellaten auf Reizungen reagieren. Es ist das ein fast unerschöpfliches Kapitel, an dem mitzuarbeiten jedem Mikrologen reicher Genuß sein sollte — das aber heute noch kaum angefangen ist. Ich brauche es vielleicht gar nicht zu schildern, wie anziehend das ist, den Kämpfen und Schauspielen im Wassertropfen so gewissermaßen aus der Vogelperspektive beizuwohnen, oder — noch besser verglichen — wie irgend ein Marsbewohner, dem ein fabelhafter technischer Fortschritt gestattet hat, in einem Riesenteleskop unsere Städte zu belauschen. Andersen, der liebenswürdigste aller Märchenerzähler, hat dieses Gefühl einmal in eine entzückende Fabel gefaßt, wie der eine Zauberer dem anderen durch einen Tropfen Sumpfwasser die Abenteuer einer fernen Welt vortäuscht — man lese das Histörchen, denn es bringt so recht das Phantastische und Unerhörte der Erlebnisse zum Bewußtsein, die man seinem Mikroskop verdanken kann. Denn durch liebevolle Beobachtung überzeugt man sich, daß dieses strömende Gewimmel, an dem sich der Unkundige bloß ergötzt, des Sinnes nicht entbehrt, daß alle diese grünschillernden, glänzenden, rollenden Unding, deren Bewegung um so zauberhafter erscheint, als sich ihre Geißeln in Bewegung gar nicht, aber auch in Ruhe meist nur sehr schwer wahrnehmen lassen,* irgend etwas

* Man hat sie ja auch fast ein Jahrhundert lang mit den unvollkommenen Mikroskopen unserer Großväter nicht erkannt und das Wirbeln und Umherschießen dieser Wesen allen Ernstes als „zauberhaft" und als „Wunder der Natur" beschrieben.

wollen. Auch ſie jagen nach Zwecken und ſtürmen dem Egoismus nach, der in dieſer kleinſten Welt freilich nur wenig Masken hat und nur zwei Stichworte kennt: Luſt ſuchen, Unluſt vermeiden. . . . . Es iſt unendlich ſchwer, von der reichen, wallenden Menſchenſeele ſo viel Inhalt und Reichtum abzuziehen, bis man ſich in das Dunkel einer Geißelzellſeele hineindenken kann — aber man wird es wohl lernen müſſen, denn ſonſt kann man die Reizbarkeiten und Bewegungen der Einzeller niemals verſtehen.

Von ihnen iſt die Lichtempfindung am längſten bekannt. Es iſt auch zu auffällig, wie ſich namentlich grüne Flagellaten ſtets an den beſſer beleuchteten Rand des Gefäßes, worin man ſie hält, ziehen, ebenſo daß ſie ſtets an der Oberfläche des Waſſers ſchwimmen, was allerdings auch in ihrem großen Sauerſtoffbedürfnis ſeine Urſache hat. Dieſer Oxygenhunger treibt ſie auch gewöhnlich an den Rand des Präparates, in dem man ſie beobachtet, und was dem gedankenloſen Betrachter als ergötzlich luſtiger Tanz erſcheint, iſt für den Wiſſenden todesängſtliche Flucht lebenshungriger Geſchöpfe vor der drohenden Erſtickung. So wechſelt das Bild der Welt je nach dem Standpunkt des Beſchauers, und alles iſt heiter und traurig zugleich.

Dieſe Bewegungen wären aber nicht möglich, wenn den Zellchen nicht Empfindung für ihre Zuſtandsänderung zukäme. Wenn ſich die herrſchende Wiſſenſchaftsſprache ſo ausdrückt, daß die Flagellaten ebenſogut für heliotropiſche, thermotropiſche, geotropiſche, chemotropiſche Reize empfindlich ſind wie die höheren Pflanzen und auf ſie hin chemotaktiſche oder phototaktiſche Richtungsbewegungen ausführen, ſo bedeutet das aus der Terminologie der bloßen Beſchreibung in die der erklärenden Wiſſenſchaft überſetzt, daß dieſe Weſen ihre Zuſtandsänderungen empfinden und zweckentſprechende Bewegungen ausführen, um die durch den Reiz erregte Unluſtempfindung los zu werden.

Im einzelnen iſt man gegenwärtig im Begriff, die intereſſanteſten Äußerungen dieſes Empfindungslebens aufzudecken. Engelmann hat gezeigt, daß die Euglenen nicht nur für Licht überhaupt, ſondern auch für Farben verſchieden empfindlich ſind als Zeichen, daß ſie Farben wahrnehmen; Strasburger hat uns bewieſen, daß die Flagellaten, ſo wie die Schwärmſporen von Algen ſtets nur eine gewiſſe Lichtmenge lieben, daß ſie alſo „abgeſtimmt“ ſind für das Licht und daß dieſe Lichtſtimmung ſich z. B. mit der Temperatur, mit dem Salzgehalt des Waſſers ändert, auch nach unbekannten (inneren) Urſachen differiert, was alſo wohl heißen ſoll, daß ſie von dem Willen der Zellen abhängig iſt. Zu grelles Licht wird ebenſo beharrlich geflohen wie die Dunkelheit. Die phyſikaliſche Kunſtſprache, deren ſich die Pflanzenphyſiologie derzeit bedient, wird dadurch in die hellſte Verwirrung verſetzt und erweiſt bei dieſer Gelegenheit, daß ſie unzulänglich iſt und von falſchen Prinzipien ausgeht. Sie nennt die lichtſuchende Euglena im erſten Teil ihres Weges poſitiv heliotropiſch; im nächſten Moment aber, da das Zellchen ſtutzt und dem grellen Sonnenſchein ausweicht, indem es rückwärts ſchwimmt, muß ſie es als negativ heliotropiſch bezeichnen und ſich eine Umſtimmung, oder wie man das ganz gelahrt nennen kann, eine heterogene Induktion zurechterfinden — ohne natürlich (wie der Verſtändige ja ſofort einſieht) damit das geringſte über die Urſache und den Sinn dieſer Umſtimmung ausgeſagt zu haben.

Der Normalverſtand fragt verwundert, warum ſich denn die Gelehrſamkeit freiwillig ihre Aufgabe erſchwert mit ſolchen wunderlichen Umſchreibungen und verzwickten

Kunstwörtern? Sie tut es, weil sie noch immer so vielfach in allerlei Voreingenommenheiten und argem Dogmatismus verstrickt und eine Konfession geworden ist, statt eine Religion zu sein. Sie will von vornherein dem Gedanken einer Pflanzenbeseelung ausweichen, darum benennt sie alle Tätigkeiten, die auf eine solche hindeuten, möglichst umschreibend so, daß im Worte jeder Hinweis auf die Ursache: das Seelische, das der Tätigkeit zugrunde liegt, ausgetilgt ist. Und man ist naiv genug zu glauben, daß, wenn es im Worte verleugnet ist, es auch in der Wirklichkeit fehlt. So treibt man Wortwissen, statt Naturerkennen. . . . . Aber diese Scheuklappenpolitik nützt ja auf die Dauer doch nichts, und eines Tages wird sich unsere Wissenschaft auf ihre Würde besinnen und nicht mehr Verstecken spielen. Schon heute spricht sie ungescheut von den Flagellaten so, „als ob das mit Willen und Urteil begabte Wesen wären" — was sie nämlich sind. Soll ich das mit einem Beispiel belegen, so will ich aus dem großen Werke von Prof. Oltmanns über die Algen einiges von dem Abschnitt über die Richtungsreize hersetzen. Es heißt dort wörtlich: „Pfeffer fand in seinen bekannten Untersuchungen über die Chemotaxis, daß Chlamydomonas pulvisculus, Chl. obtusa, Polytoma uvella, Euglena usw. von verschiedenen Substanzen angezogen, resp. abgestoßen werden. Es werden im allgemeinen die Verbindungen aufgesucht, welche dem autotroph lebenden Organismus als Nahrung dienen."

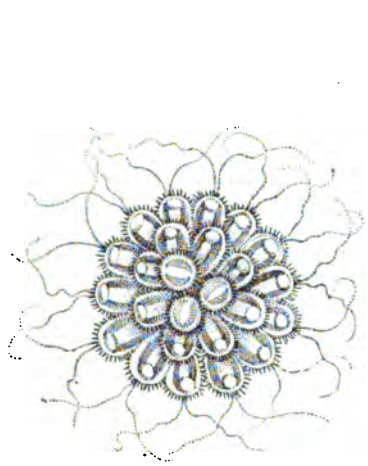
„Euglena gracilis sucht im gefärbten wie im farblosen Zustande ungefähr dieselben Körper auf; dies sind Pepton, Zitronensäure, Milchsäure, Eisensalze usw., wiederum Körper, die größtenteils als Nährmaterialien verarbeitet werden."

„Die Chemotaxis ist kaum auf die Flagellaten im weitesten Sinne beschränkt, z. B. sah Benecke, wie farblose Diatomeen faulende Zostera-Blätter aufsuchten. Auch hier zeigen sich wieder fast für jeden Organismus spezifische Fähigkeiten.

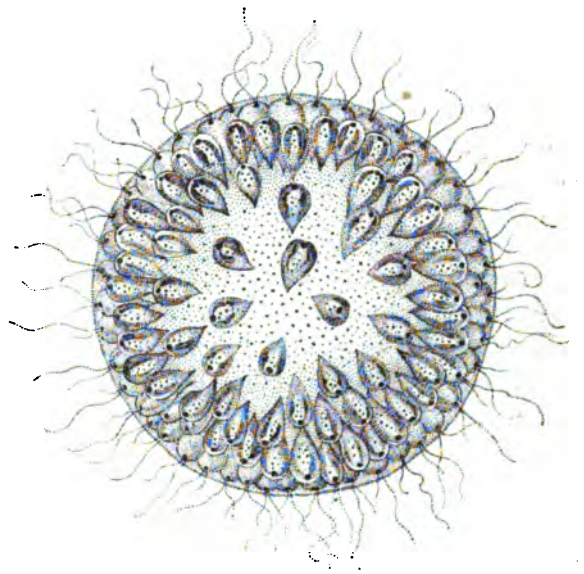
„Aderhold weist nach, daß die Euglenen den Sauerstoff ziemlich energisch aufsuchen, und er erklärt daraus im Zusammenhang mit negativer Geotaxis und eventuell auch positiver Phototaxis das Herauskriechen dieser Flagellaten aus Sand, Schlamm usw., von welchem sie gelegentlich bedeckt werden. Bei Cryptomonas entdeckte Verworn das Aufsuchen von Luftblasen."

In dieser Ausdrucksweise, deren sich alle Botaniker bedienen müssen, um die Erscheinungen pflanzlichen Lebens restlos darzustellen, ist das Strebende, Spontane, Wählende und Urteilende, kurz gesagt, das Psychische, das alledem zugrunde liegt, vollständig anerkannt. Um so befremdlicher wirkt es also, wenn die Forscher so tun, als seien das einfach chemisch-physikalische Eigenschaften der Materie; nicht aber eine mit dem Seelenleben des Menschen in Analogie stehende Sondererscheinung des Lebens, ohne die niemals erklärt werden kann, warum die Bewegungen der Flagellaten (und sonstigen Algen) häufig so verlaufen, daß auf äußere oder innere Reize hin ein Zweck, nämlich die Befriedigung eines durch den Reiz zur Empfindung gebrachten Bedürfnisses erreicht wird. Auf das hin muß man die Bewegungen der Flagellaten analysieren; in dieser Aufgabe stecken die lohnendsten Probleme der Flagellatenkunde, hier läßt sich Lorbeer erwerben auch für den Amateur, da auch diese Experimente und Beobachtungen am lebenden Organismus keine besondere Ausrüstung, sondern nur großen Fleiß, Ausdauer, Gewissenhaftigkeit und strenge Selbstkritik erfordern. Ich will ein paar solcher Aufgaben für die Freunde meines Buches hier anführen, in der Hoffnung, damit zu

ihrer Lösung anzuregen. Die Geißeln sozialer Flagellaten (Anthophysa, Uroglena, Dinobryon) schlagen gleichsinnig, sonst würden diese Cönobien sich nicht kugeln. Das gilt es zu analysieren, experimentell auf seine Entstehung und Einübung zu prüfen und logisch zu zergliedern. Hexamitus, das in faulendem Wasser und im Froschdarm lebt, hat 8 Geißeln, die es zu eigentümlichen, wohlkoordinierten Schreitbewegungen — gleich einer Spinne — benützt. Ich bitte, das näher zu untersuchen und auf seine Bedingungen, Ausführung und Folgen hin zu betrachten. Von Chilomonas behauptet der amerikanische Infusorienforscher Jennings, daß es auf Berührungsreize hin springt. Und zwar stets nach rückwärts, ob man es nun vorn oder rückwärts kitzelt. Das ist nicht ganz glaublich und auf seine Bedingungen hin zu prüfen. Überhaupt, die Bedingungen,



Synura Uvella Ehrb. Etwa 500fach vergr.



Uroglena Volvox Ehrb. Etwa 500fach vergr.
(Nach Stein.)

die Koordination der Bewegungen, die Änderungen der Bewegungen gemäß den wechselnden Reizen — das alles ruft nach Dissertationen und sorgsamer Beobachtung, und das alles wird das Hauptbeweismaterial der heute schon unabweisbaren Einzellerpsychologie abgeben. Unabweisbar ist sie heute schon einfach deshalb, weil die offenbare Zielstrebigkeit und Zweckmäßigkeit der reizverwertenden und Bedürfnisse befriedigenden Bewegungen der Flagellaten das Recht gibt, in ihnen eine Analogie mit den menschlichen Handlungen zu suchen. Dieser Analogieschluß aber erreicht, wie ich schon erwähnte, seine höchste Wahrscheinlichkeit durch den logischen Zwang, auf Grund unserer Überzeugung von der stammesgeschichtlichen Entwicklung des Menschen, die Vorstufen seiner Psyche bereits in den Zellen zu suchen.*

* Wer diese Gedankenkette, fachgemäß bearbeitet, in all ihren Konsequenzen verfolgen will, den verweise ich auf meine Abhandlung „Grundriß einer Pflanzenpsychologie, als einer neuen Disziplin induktiv forschender Naturwissenschaft" in der „Zeitschrift für den Ausbau der Entwicklungslehre". Bd. I. 1907. Heft 4.

Wer mit solchem Auge auf die bunte Welt im Wassertropfen blickt, wird diese Robinsone und Pioniere menschlicher Entwicklung bald lieb gewinnen und dadurch Geduld erlangen, sich auch der Beobachtung ihrer merkwürdigen Fortpflanzung zuzuwenden, was freilich bei weitem nicht ein so amüsantes Geschäft ist, wie das Studium ihrer neckischen Tänze und Lebensängste.

Ihr Wesen läßt sich mit einem Satz erledigen. Und der lautet: Die Fortpflanzung der Flagellaten geschieht durch Teilung. Art und Weise dieser Teilung sind freilich ziemlich mannigfaltig.

Wem bei dem Bisherigen Zweifel gekommen sind, ob sich unsere Wissenschaft nicht vielleicht doch auf dem Holzwege befindet mit ihrer Annahme, daß diese höchst verwickelten Geißelwesen bloße Zellen seien, der kann sich durch das Studium ihrer Vermehrung von diesem Zweifel heilen. Denn diese Vermehrung verläuft im typischen Fall ganz so, wie die Teilung irgendeiner Pflanzenzelle.

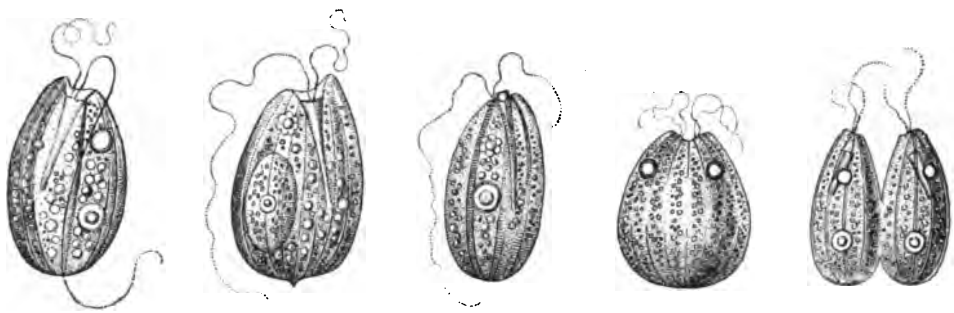
Zuerst verdoppeln sich die Hauptorgane, vor allem der Kern, wobei in ihm auch jene Zerteilungen und Umlagerungen der Chromatinmasse vor sich gehen, die dem modernen Naturforscher von allen Zellteilungen besonders geläufig sind (vgl. darüber Bd. II, S. 37 und S. 461) und die zu dem Mechanismus der Vererbung gehören. Es verdoppeln sich auch die Vakuolen, manchmal auch der Augenfleck, die Chromatophoren und die Geißeln. In anderen Fällen (Uroglena) verschwindet der Augenfleck der Mutterzelle und bildet sich an den Sprößlingen von neuem. Das sind Dinge, die noch zu untersuchen wären, um so mehr, als englische Naturforscher behaupten, daß sich die Geißeln der Länge nach spalten, während ich mit vielen anderen beobachtete, daß sie abgeworfen werden, worauf aus den Tochterzellen neue Geißeln langsam hervorwachseln.

Der eigentliche Körperteilungsprozeß verläuft — wie es scheint — stets so, daß er die Zellen, vom Vorderende nach hinten zu fortschreitend, der Länge nach spaltet. Ich bitte dazu die umstehenden Bilder, sowie die hübsche Euglena auf S. 29 zu betrachten. Man unterscheidet Flagellaten, die sich ohne weitere Vorbereitung während des Schwimmens teilen (so die meisten farblosen Formen) und solche, die sich dazu erst zur Ruhe setzen, kugelig zusammenziehen und eine Schutzhaut ausschwitzen, innerhalb derer sich der Körper einmal, zweimal, viermal, oftmal zerlegt, so daß dadurch oft froschlaichähnliche Gallertklumpen heranwachsen. (Man nennt dies das Palmellastadium.) Solch unbändiger Vermehrungseifer erfaßt gewöhnlich die Euglenen, wenn sie sehr reichlich genährt werden (auch Chromulina und andere Chrysomonaden); sie steigen dann in der Pfütze, die ihre Welt ist, auf die Oberfläche und bilden mit ihren Palmellastadien oft eine zähe, bräunlichgrüne oder hellgrüne Haut (diese nannte man die Prieſtleysche Materie, vgl. S. 74), die sich aus Millionen vermehrungseifriger Kugeln zusammensetzt. Nach einem heftigen Regen besinnen sie sich wieder auf ihr Schwärmerleben, kriechen aus den Schleimhüllen und wimmeln durcheinander.

Ich habe diese Dinge einfach und schlicht erzählt, weil sich daran nichts erklären läßt. Neuerdings ist man zwar daran, die Bedingungen der Fortpflanzung experimentell zu prüfen — es ist aber noch nicht viel erreicht worden damit. Wertvoller wäre es, endgültige Klarheit zu erlangen, ob diese Urzellen nicht auch durch einen Geschlechtsakt der gleichen Verjüngung teilhaftig werden, wie die höheren Pflanzen. Stein hat der-

artiges beschrieben, ebenso Ehrenberg, neuerdings auch Entz und Zacharias, aber die alten Angaben sind offenbar Täuschungen (bei Ehrenberg durch Mißdeutung der Organe, bei Stein durch eingedrungene Parasiten veranlaßt), und die neuen sind auch noch zu unbestimmt. Auf diesen Punkt gerichtete Untersuchungen sind dringend erwünscht.

Irgendeine Art von Verjüngung liegt übrigens sicher vor bei den Monaden und Chrysomonaden, wenn sie sich einkapseln. Oikomonas, Chromulina und andere schnüren einen Teil der Organe, Kern, Chromatophor und ein wenig Plasma in ein Tröpfchen ab, das sich mit derber Haut umgibt, während das Übrige ihres Körpers verwest. In diesem Zystenzustand überfliegen sie die Landstrecken und überdauern trockene Monate und Jahre. Aber das ist nicht allgemein. Craspedomonaden, Euglenen und die großen Raubflagellaten kapseln sich als Ganzes ein, oder, wenn sie ohnedies schon feste Haut haben (Phacus), so erstarren sie einfach und überdauern damit die schreckliche wasserlose Zeit.



Die Teilung von Entosiphon sulcatum St. in den einzelnen Stadien. (Nach Stein.)

Sie sind von einer Lebenszähigkeit, die mit der Zartheit ihrer Erscheinung in grellem Kontrast steht. Der Freiburger Zoologe Weismann hat deshalb sogar die Meinung aufgebracht, die Einzeller seien unsterblich. Und in einem gewissen Sinn hat er ja recht. Indem sich ihr Körperlein zerteilt, jede Hälfte davonschwimmt und wieder zu einem Ganzen auswächst, lebt das erste Urkörnchen vom ersten Weltentag bis heute weiter. Aber das ist nur ein Glück von sehr theoretischem Werte. Denn nach 10000 Generationen bleibt vom Stammvater in den Kindeskindern nur noch ein Molekül, und davon haben die Geißelzellen geradesoviel wie wir, denen, bei Licht betrachtet, dieselbe Unsterblichkeit zu eigen ist. Denn die Fortpflanzungszelle meines Körpers geht ja auch nicht verloren, und indem ich heute lebe, bin ich das Gefäß lebender Plasmaanteile aller meiner Vorfahren bis hinunter zum Einzeller.

Man muß vielmehr fragen, wie lange das Individuum lebt; allein man hat auf diese Neugierde keine Antwort. Es ist das zu schwer zu beobachten, denn wenn man so einen armen Gefangenen in die feuchte Kammer sperrt, kürzt man ihm durch die Haft das Leben. Ich glaube übrigens, daß es nach Tagen, bei Monaden vielleicht nur nach Stunden zählt — was uns daran mahnen mag, wie unermeßlich reich und leichtsinnig wir doch sind.

Damit wäre wohl alles gesagt, was es Wissenswertes über die Naturgeschichte dieser Zwischenwesen gibt, und es bliebe nur noch übrig, die wichtigeren Formen vorzustellen. Aber in welcher Reihenfolge soll man das tun? Man wird es wohl ver-

stehen, daß der Systematiker angesichts solcher Wandelbarkeit und Unbestimmtheit aller Verhältnisse in arger Verlegenheit ist. Alle bestehenden Flagellatensysteme sind Provisorien und aus praktischen Rücksichten, nicht aber auf natürlichem Fundament erbaut. Von den älteren kann man schweigen, sie haben nur historisches Interesse. Aber auch die neueren werden wohl bald in die Rumpelkammer gelangen. Bütschli wählte Zahl und Anordnung der Geißeln als Einteilungsprinzip, was natürlich ganz willkürlich ist. Klebs und Senn haben die Flagellaten nach der Art der Nahrungsaufnahme eingeteilt, worüber ich schon früher das Nötige verriet. Dadurch werden Gruppen auseinandergerissen, von denen uns das Gefühl sagt, daß sie zusammengehören. Von einem natürlichen Stammbaum kann hier heute noch keine Rede sein, und wir sind in der Lage des Linné, daß wir uns ausschließlich auf die Ähnlichkeiten verlassen müssen, um einige natürliche Gruppen und Zusammenhänge herauszufinden.

Solche natürliche Gruppen sind zweifelsohne die Eugleninen, die Chrysomonaden, Cryptomonaden, die Monadinen, Dinoflagellaten, wobei weder die Zahl der Geißeln, noch die Art der Ernährung, die Ausbildung von undulierenden Membranen, Scheinfüßen und Chromatophoren innerhalb der Gruppen Zusammengehöriges auseinanderreißt. Dabei sind zweifellos die Monadinen und die sich ihnen eng anschließenden Chrysomonaden die ursprünglicheren, Cryptomonaden und Eugleninen die höheren, also wohl auch späteren Formen und die Dinoflagellaten eine Abzweigung, welche die Flagellaten mit den übrigen Algen so verbindet, wie Chrysomonaden mit Volvocineen, Monaden mit Wurzelfüßlern und Pilzen durch fast unmerkliche Übergänge verbunden sind.

Wir müssen also mit der Betrachtung der

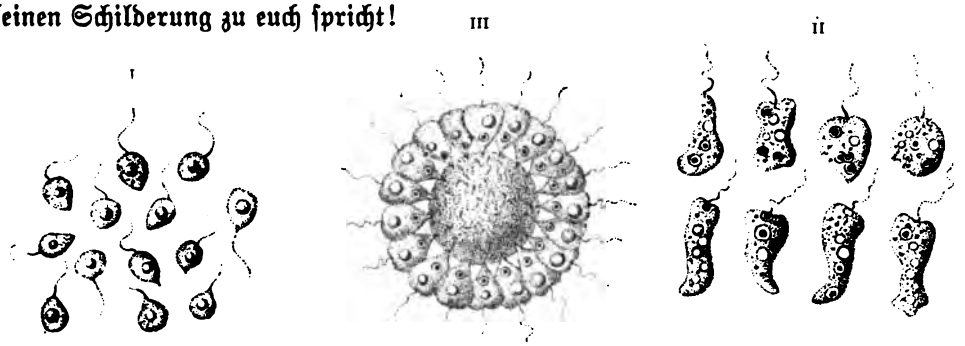
Monadinen

beginnen, innerhalb derer eine Anzahl allerdings ziemlich gut umschriebener Familien unterschieden werden kann. Und zwar wohl: Protomonaden (= Pantostomatinen von Senn), Craspedomonaden, Bikosöcinen, Monaden s. str., Bodonen, Tetramitaceen, Hexamitaceen und Chloromonaden. Ich bin mir bewußt, hiermit von der Einteilung anderer Forscher abzuweichen, kann aber keinen besseren Ausdruck für mein „systematisches Gefühl" finden und bin gern bereit, vor besseren Gründen zu kapitulieren. Das Charakteristische aller Monadinen muß wohl in der amöbenhaften Unbestimmtheit der Körpergestalt und der Einfachheit ihrer Organisation gefunden werden, wobei es natürlich strittig bleibt, ob die einfachsten Formen der Chrysomonaden (Chromulina, Chrysamoeba) noch zu dieser oder schon zu jener Gruppe zu rechnen seien. Doch liegt das gerade in der Natur der Entwicklung, daß alle Grenzen verwischt und flüssig sind, und wären von den höheren Gewächsen nicht so viele im Laufe der Erdgeschichte ausgestorben, so würden auch in ihren Kreisen regelmäßig systematische Grenzen nur durch gleiche Willkür gezogen werden können.

Natürlich kann ich mich nicht darauf einlassen, meine Freunde auch nur mit allen Gattungen bekannt zu machen; ich habe mich bemüht, schon im bisherigen die häufigeren und wichtigen dieser Zellgestalten vornehmlich zu berücksichtigen, und kann auch jetzt nur eine Auswahl mit wenig Strichen skizzieren.

Das einfachste aller dieser Wesen ist wohl die Geißelamöbe (Mastigamoeba F. E. Sch.), die man sich ziemlich leicht aus Heuinfusionen verschaffen kann. Eine

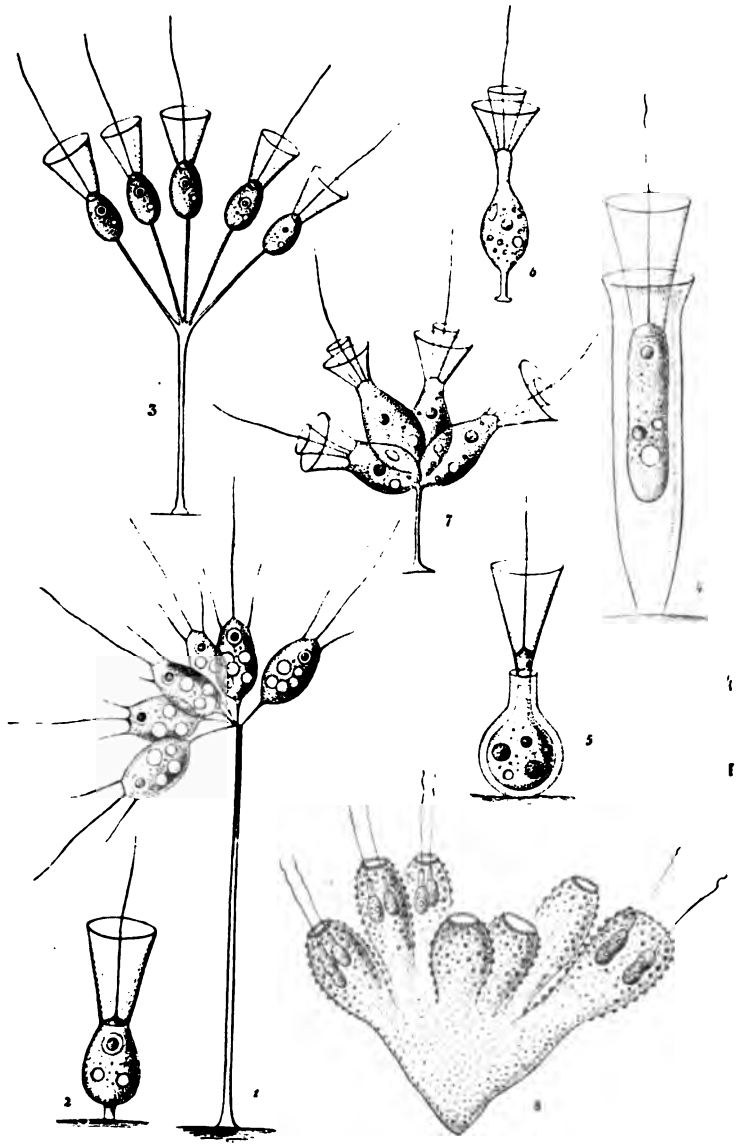
Amöbe, die alles frißt, was Eßbares in den Weg kommt, im gegebenen Moment aber ihre Scheinfüße einzieht, eine kräftige Peitsche emporwirft und mit ihr flüchtig durch den Tropfen jagt. Die wunderbare Strahlenmonade, Actinomonas mirabilis Kent (Bild S. 56), ahmt mehr das Bild eines Sonnentierchens nach, weiß aber auch bei Beunruhigung mit Hilfe ihrer Geißel den Schauplatz rasch zu verlassen, ebenso die zweigeißelige Dimorpha (siehe das Bild S. 56), von der Gruber schreibt, daß sie in jeder Beziehung mit den Heliozoen übereinstimme. Sogar darin, daß in ihren Scheinfüßchen auch starre Stäbe (der sog. Achsenfaden) stecken, die wie die Spangen eines Regenschirms das ganze Zellchen ausspreizen. Diese Sonnenstrahlen sind aber eigentlich Leimruten. Was an ihnen haften bleibt, wird nach wenigen Minuten starr und tot, und dann kommen lappenförmige Pseudopodien wie die Arme eines Kraken und holen die Beute in den Körper hinein. Ein paar Minuten später sind alle Strahlen eingezogen, und als echtes Geißelzellchen durchwirbelt der kleine Räuber seine Welt. Mikrologen, achtet auf dieses Wesen und studiert das viele Rätselhafte, das aus dieser kleinen Schilderung zu euch spricht!



I—II = Cercomonas termo St., junge und ältere Zellen mit amöboiden Körperformänderungen.
III = Eine Gruppe, die sich auf einer Bakterienkolonie niedergelassen hat. 650fach vergrößert. (Nach Stein.)

Wie anders sind dagegen die Craspedomonaden! Alle wichtigeren Gattungen führe ich beistehend im Bilde vor. Über den „Kragen" und die sonderbare Art der Nahrungsaufnahme ist auf S. 53 das Nötige gesagt, und so braucht wohl nichts mehr hinzugefügt zu werden, als daß diese unendlich zarten und kleinen Wesen die besten Bakterienfresser sind, weshalb sie sich auch nur in faulendem Wasser finden. Sie sind so durchsichtig, daß man sie leicht übersieht. Und doch verdienen sie besondere Beachtung, denn sie haben eine merkwürdige wissenschaftliche Bedeutung. In den Meeres- und Süßwasserschwämmen sind die Zellen auf die gleiche Erfindung verfallen, durch die sich die Kragenmonaden ihr Brot sichern. Ein Schwamm ist eine ziemlich lose Zellenkolonie von einfacher Arbeitsteilung. Die einen Zellen bilden das Gerüst, die anderen sorgen für Vermehrung, und eine Genossenschaft strudelt Nahrungspartikelchen herbei, die dann allen zugute kommen. Sie bedienen sich dabei desselben Kragens wie die Geißelzellchen, und man hat schon des öfteren daran gedacht, ob nicht die Schwämme eigentlich nur weiter entwickelte Craspedomonaden seien. Bei dieser Gelegenheit sei darauf hingewiesen, daß auch unser Körper voll von Flagellaten ist, als Beweis für den Satz, daß die Zellen immer lernen, aber nichts vergessen. Wo in unserem Körper an Schleimhäuten entlang schädliche oder lästige Dinge wegbefördert werden sollen, findet sich ein

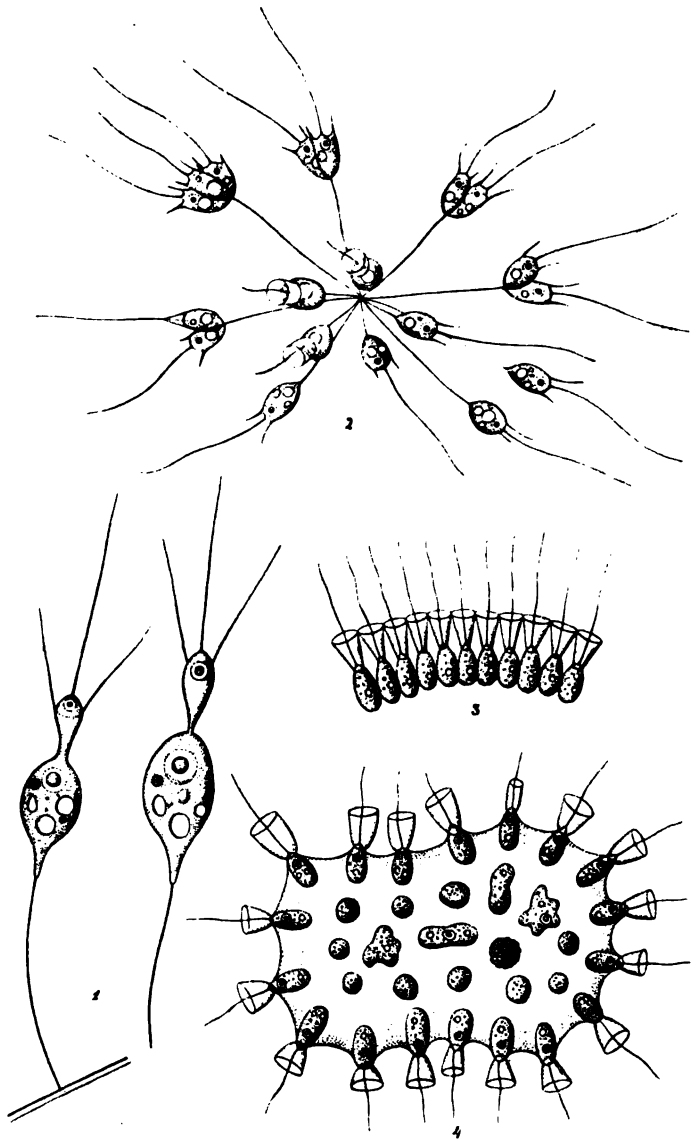
Flimmerepithel ein. Das sind Zellen mit großen, wacker schlagenden Geißeln. Und die rätselhafteste aller Zellen, der menschliche Samenfaden, was ist er anderes als eine winzige Flagellatenzelle, die einer Cercomonas (siehe das Bild auf S. 85) gar nicht so unähnlich ist? Also nur nicht überhebend sein: das alte Wort, daß wir ein großer Infusorienhaufen sind, ist so uneben nicht, und von den Monaden bis zu Goethe ist eine wunderliche Brücke geschlagen. Sie ist vielleicht das allergrößte Wunder der Natur, das sich je auf Erden ereignete, und gegen das die kleinen Zauberkunststücke, die sich menschliche Phantasie als Wunder ausheckte, als nichtige Spielereien verblassen. . . .



Die wichtigsten Typen der Craspedomonaden.
1 = Codonosiga Botrytis St. 2 = Monosiga ovata S.-K. 3 = Codonocladium umbellatum St. 4 = Salpingoeca sp. 5 = Salpingoeca ampullacea S.-K. 6 = Diplosiga Entzii Francé. 7 = Diplosigopsis socialis Francé, eine noch unbeschriebene Gattung aus dem Süßwasser. 8 = Phalansterium digitatum St.
(1—7 = Originale des Verfassers. 8 = Nach Stein. 1000fach vergrößert.)

Wir sind bei den Monaden. In dem Namen klingt die ganze philosophische Spekulation des ausgehenden Mittelalters an. Und wir erkennen im Lichte der Entwicklungsgeschichte, daß — in einem anderen Sinne freilich, als das Leibniz meinte — wirklich alles aus Monaden geworden ist und sich um Monaden dreht. Die da im Wassertropfen zappeln, sind von gar eigener Art. Eine davon, das Collodictyon (Bild S. 65), die wir schon kennen, oder Monas vivipara (Bild S. 56) vertritt die

ganze Familie. Es sind allerlei Zusammenhänge mit den Kragenmonaden da. Bikosoeca (Bild siehe Bd. II, S. 414) hat, wie ich durch viele Studien weiß, z. B. etwas modifiziert denselben Kragen wie eine Salpingoeca. Nur noch eine kleine und allerliebste Erfindung obendrein. Man findet Bikosöcen stets dort, wo Kragenmonaden sind. Sie sitzen in einem Becher, wie ein Hofhund angehängt an einer Leine, die hier natürlich hauchdünn ist und sich blitzschnell spiralig zusammenrollt, so wie die Geißel, wenn etwas das Zellchen beunruhigt. Man bedenke doch, was das heißt! Die Zelle ist etwa $^1/_{100}$ mm groß, der Faden ebensolang und unmeßbar, vielleicht $^1/_{20000}$ mm dünn. Und das zuckt und wirkt zweckmäßig und ist das Vorbild aller Muskeln! Die Alten hatten dafür schon das Sprichwort von der Natur, die im Kleinsten am Größten ist.... Wir sagen, wer das gesehen hat, der weiß, was Naturandacht ist!

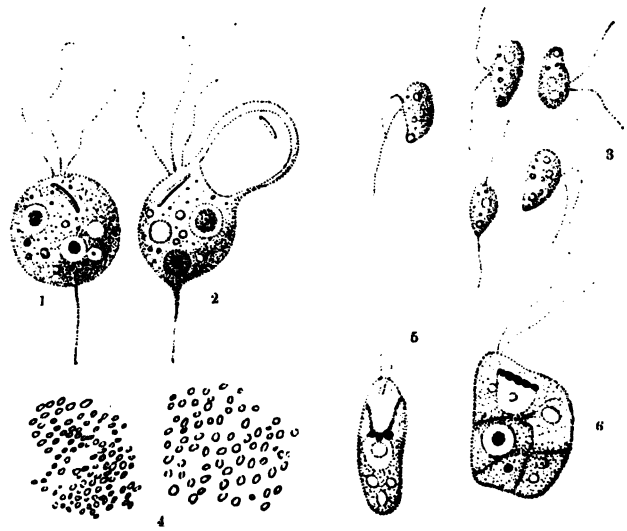


Craspedomonaden.
1 = Teilung von Codonosiga. 2 = Asterosiga radiata Zach. 3 = Hirmidium moniliformis St. 4 = Protospongia Haeckelii S.-K. (1—3 = Originale des Verfassers. 4 = Nach Saville-Kent. 1000fach vergrößert.)

Zu den Monaden gehört Anthophysa, Cephalothamnium, Dendromonas und Poteriodendron, Trichomonas und Monas (siehe die entsprechenden Bilder auf S. 54, 62, 63, 71) als Zeichen dessen, wie eigenartig die Anpassungskraft diese Urzellen zu modeln verstand. Diese überraschende Wandelbarkeit der Erscheinung war auch die Hauptursache, warum im 18. Jahrhundert und noch tief ins nächste hinein so viele phantastische Spekulationen

an die Infusorien geknüpft wurden. Man hielt sie allen Ernstes für Phantasmagorien, für „wesenlosen Schein" der formbildenden Naturkraft. Selbst ein so scharfer Beobachter wie Linné, scheute sich noch im Jahre 1767 nicht, in ihnen Sinnestäuschungen und noch Ärgeres zu vermuten, dem er nur widerwillig am Schlusse seines Systems eine Gattung einräumte, die er kennzeichnender Weise Chaos infusionum nannte.

Und die von der Naturphilosophie des Oken und Schelling hingerissenen Botaniker der Biedermaierzeit trieben schon das Unglaublichste damit. Anno 1836 erschien zu Bonn ein Werk des Prof. Mayer, in dem so seltsame Dinge beschrieben werden, als da sind: „der Zitterstoff und das Nebelmeer von Ur-Monaden samt dem Untier, welches nicht von innen, sondern von außen wächst und zaubernde Wirksamkeit in die Ferne hat. . . ." Ich fable nicht, sondern zitiere nur und denke mir dabei, daß Goethe wohl doch nicht so unrecht hatte, als er angesichts einer so wunderlichen Naturgeschichte das unmutige Wort sprach: Fernröhre und Mikroskope verwirren nur den reinen Menschenverstand. . . .



Monaden.

Fig. 1—2 = Oikomonas Termo Ehrb. im Begriff, ein Bakterium zu verschlingen. Fig. 3 = Bodo saltans Ehrb. Fig. 4 = Dämmermonade (Monas Crepusculum Ehrb.). Fig. 5—6 = Cyathomonas truncata [From.] Fres., von der Bauchseite (5) und der Breitseite (6) gesehen, mit der Mundleiste, dem Schlund und dem Plasmaskelett. Sämtlich sehr stark (etwa 600fach) vergr. (1—3 = Originale des Verfassers. 4 = Faksimile aus Ehrenberg. 5—6 = Nach Fisch.)

Aber das waren nur die Kinderkrankheiten einer neugeborenen Wissenschaft. Schon 1838 machte Ehrenberg, der mit gewissenhaftem Fleiß dieses „Nebelmeer" wüster Phantasien zerteilte, reinen Tisch und unterschied peinlich und genau eine große Anzahl von Wesen, deren Naturgeschichte wir freilich auch heute noch nicht genau kennen. Es gehören zu diesen Monaden eben die kleinsten aller Wesen; sie verlieren sich in Übergangsstufen zu den Bakterien und reichen hinab, vielleicht wirklich bis zu den jüngstgefundenen ultramikroskopischen belebten Teilchen, die möglicherweise erst Vorstufen von Zellen sind. Man sieht, im letzten Winkel haben auch wir noch Ausblick auf das „Nebelmeer".

Ehrenberg hat berechnet, daß ein mittelgroßer Wassertropfen 1687 Millionen seiner Dämmermonaden (Monas Crepusculum*) enthalten kann. Man mache also uns Naturforschern keinen Vorwurf daraus, daß unser Wissen von solchen Dämmerwesen auch noch in halber Dämmerung liegt.

* Ist etwa die heutige Cercomonas (Bild S. 85).

Eine Monade möchte ich besonders hervorheben. Es ist die Oikomonas termo (siehe das Bild). Ein nie fehlender Gast, wo sich Bakterien in Flüssigkeiten einfinden, und ein gefürchteter Jäger in der Bakterienwelt. Das Zellchen hat etwa 1/100 mm im Durchmesser, ist kugelrund, mit einem Faden angeheftet und schlägt mit einer großen nebst kleinen Geißeln seinen Wirbel. Das Besondere daran ist seine Bourbonenlippe, oder mit mittelalterlicher Derbheit gesagt: seine Maultasch. Es ist ergötzlich zu beobachten, welch geschickten Gebrauch die Monade davon macht. Sie steht ruhig, wie auf der Lauer. Ein Bakterium strudelt vorbei, flugs schleudert die Zelle eine Art Löffel vor und fängt darin das Spaltpilzchen, wie ein Knabe den Schmetterling im Netz. Dann zieht sich die Lippe breitmäulig zurück, und die Monade fängt an, den Bissen zu verdauen. Einen Schritt weiter gelangt sind bereits die Bodonen. Bodo edax Kl. und Bodo saltans Ehrb. sind im Sumpfwasser häufig. Sie haben zwei Geißeln; davon ist die eine nach rückwärts gerichtet und wird nachgeschleppt. Eigentlich aber ist sie so eine Art Sprungstange, an der die Zelle überaus geschickt turnt. Man muß nur sehen, wie flink B. saltans sich daran weiterschnellt. Es ist der Floh im kleinsten Raum. Dabei durchaus kein harmloses Geschöpf, sondern der Schrecken der Monaden, Bakterien und Grünalgen. Mit dem spitzen Vorderende bohrt der kleine Vampyr sein Opfer an und trinkt es auf einen Zug aus. Man ist starr vor Erstaunen, wenn ein glücklicher Zufall diesen mörderischen Akt ins Gesichtsfeld des Kleinsehers zaubert.

Ein ganz wichtiger Bakterienverzehrer ist die in jedem faulenden Wasser erscheinende Cyathomonas truncata Fres. (Bild S. 88), die in ihrem glashellen Körperchen sehr absonderliche und noch undeutbare Dinge birgt. Ein plasmatisches Innenskelett, einen festen „Mundring“ und darunter eine Art Schlund als Anzeichen, wie viel an Organisation es noch im kleinsten Raum zu entdecken geben wird, wenn man sich erst von der Idee losgerissen hat, daß die Zelle ein „Einfaches“ sei. Diese Idee lähmt die Naturforschung von heute genau so, wie lange Jahrhunderte hindurch die Tier- und Zellenpsychologie nicht zum Bewußtsein kommen konnte, weil die Theologie es den Menschen eingeredet hatte, die „Seele“ sei auch ein „einfaches Wesen“.

Mit den Bodonen im Zusammenhang, bezw. ihnen sehr formenähnlich (denn es ist vorläufig nur eine Voraussetzung, daß die „Ähnlichkeit“ der Geißelzellen auf phylogenetische Bande schließen lasse) sind eine ganze Reihe sehr wenig bekannter Flagellaten, die man in Infusionen und im Meere parasitisch beobachtete, von denen Trichomonas schon erwähnt wurde. Das sind die Tetramitaceen und Hexamitaceen. Erwähnenswert von ihnen halte ich vor allem Costia necatrix Henn., denn dieses unschöne Ding saugt die Epidermiszellen junger Forellen aus und ist so oft die Ursache von deren massenhaftem Absterben. Tetramitus, Trichomastix, Polymastix, Trepomonas, Hexamitus, Megastoma sind eine unsaubere Gesellschaft, die sich in Gestank und Fäulnis, am liebsten aber in den Gedärmen der Tiere herumtreibt, dort Unaussprechliches verzehrt, oder, wie Megastoma, sich sogar am Dünndarm des Menschen und der Hunde vergreift und die Darmepithelzellen so ausschlürft, wie Bodo eine Algenzelle.

Einen mutigen Schritt wage ich, wenn ich die Chloromonaden auch zu den Monaden rechne. Denn das sind große Zellen (über 1/10 mm lang, also mit freiem Auge zu sehen), die sich nicht tierisch ernähren, sondern nach Art der Pflanzen, und

dementsprechend auch Chlorophyll enthalten. Alle diese Wesen, zu denen die Gattungen Chloramoeba, Vacuolaria, Coelomonas, Thaumatomastix u. a. (s. die Tafel) gehören, sind noch amöboïd und leben in moorigen Gewässern. Sie sind aber auch dort so selten, daß ich, der ich doch an die 15 Jahre regelmäßig alle Gewässer meiner seitdem oft veränderten Umgebung durchsuche, Vacuolaria und Coelomonas nur 1—2mal, die übrigen aber noch niemals sah.

Da sind die

Chrysomonaden,

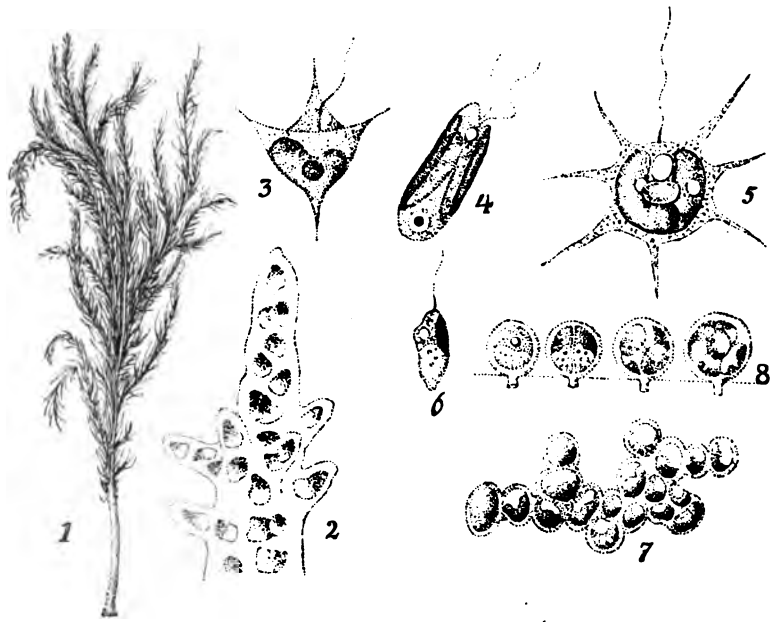
denen wir uns nun zuwenden wollen, ganz andere Gesellen. In unermeßlicher Menge kugeln und rollen sie in jeder Pfütze, jedem Moortümpel, in jedem Schlammpfuhle und in Weihern und Seen, einige auch im Meere umher. Einige Gattungen, wie Chromulina und Ochromonas, sind häufige Tümpelinsassen, Mallomonas, Uroglena, Synura, Dinobryon fast nie fehlende Mitglieder des Planktons (siehe darüber Bd. I, S. 459), jener lustigen Gesellschaft von Schwebewesen, deren Leben sich an der Oberfläche der Teiche und Seen abspielt. Dort müssen sie ohne Rast und Ruh' Tag und Nacht schwimmen, was bei den winzigen Flagellaten, die ihr Gewicht durch ausgeschiedenes Öl außerordentlich vermindern, ihre Schwimmfläche jedoch durch einen dichten Haarpelz (Mallomonas), oder durch Zusammenstehen in Rosetten und vielzweigige Sträuchlein (Uroglena, Synura, Dinobryon) gewaltig vergrößern, wohl gar keine aktive Anstrengung erfordert. Dafür erscheint diese um so unbegreiflicher vonseiten der Wimperinfusorien, Ruderkrebschen und Rädertiere, die mit ihnen das „Schwebeleben" teilen und nur durch nimmer rastende Ruderschläge mit Wimpern und Füßen das Absinken in die lichtlose Tiefe verhüten können.

Das gemeinsame Kennzeichen aller Chrysomonaden ist das goldgelb oder hellbraun gefärbte Chromatophor (doch soll es auch grüne Formen geben), mit dessen Hilfe sie Leukosin, eine sonst unbekannte Substanz, der man einfach einen Namen gegeben hat, und fettes Öl als Stoffwechselprodukt herstellen. Das scheint aber eine kümmerliche Ernährung zu sein, denn viele der Goldmonaden (so Chrysamoeba, Ochromonas, Chromulina) sind zugleich Tier und Pflanze und verzehren Bakterien und was sich sonst noch erhaschen läßt. Man fühlt sich fast gedrängt anzunehmen, daß diese Wesen der eigentliche Wirbel und Berührungspunkt seien, in dem Tier- und Pflanzenreich unmittelbar verschmolzen, aus dem sie also beide hervorgegangen sind.

Von Chrysomonaden ließe sich manches Interessante sagen. Ein schönes ästhetisches Phänomen der lebenden Natur hängt mit ihnen zusammen. Ich meine den schillernden Goldglanz, der manchmal über Wasserbassins, namentlich in Gewächshäusern, aber auch über manchem Waldtümpel liegt und sicher schon habgierige Gemüter aufs äußerste erregt hat. Seine harmlose Ursache sind die Zellen von Chromulina, die als feiner Staub zur Ruhe an die Oberfläche aufsteigt und dort die hübsche Spiegelung und Lichtbrechung veranlaßt. Neuerdings hat man erkannt, daß solche Ruhezellen oft über dem Wasser leben. Ch. Rosanoffii und Woroniniana legen sich dabei flach an die Oberfläche und bilden aus Wachs ein feines Röhrchen, das sie aus dem Wasser herausstecken (siehe das Bild). Oben hat es ein Köpfchen, in das nun die Zelle hineinkriecht und dort geschützt ruht. Diese kleinen goldigen Zellchen haben überhaupt ein großes Bedürfnis nach Ruhe. Wenn es kalt wird, suchen sie die tieferen Wasserschichten auf und ver-

kriechen sich in den leeren Zellen abgestorbener Blätter. Das Torfmoos (Sphagnum) bietet ihnen den Lieblingsschlupfwinkel. Seine Blattzellen haben nämlich ein Loch, und durch dieses steigt der Gast in die Behausung. Ich weiß, ich schreibe hier Dinge nieder, die märchenhaft klingen, aber man kann sie unschwer selbst sehen, und wenn man nur einige Zusammenhänge logisch erfassen kann, wird man finden, daß auch hier der Schluß auf ein psychisches Leben der Zellen unabweisbar ist.

Die Goldmonaden sind auch die Ursache einer zweiten hübschen Naturerscheinung. Im eisfrischen Wasser der Gletscherbäche, oder auch im Tiefland in schießenden Bächlein der Schneeschmelze wallt oft und oft ein fuchsrotes Schwänzchen, wie das Büschel



Goldmonaden (Chrysomonaden).
Fig. 1—3 = Hydrurus foetidus (Vauch.) Kirchn. 1 = Ganzes Pflänzchen in natürl. Größe. 2 = Teilstück daraus, stark vergrößert mit den Monaden. 3 = Schwärmende Einzelzelle. Fig. 4 = Wysotzkia bicillata (Wys.) Lemm., schwärmende Zelle. Fig. 5 = Chrysamoeba radians Kl. im Amöbenstadium. Fig. 6—8 = Chromulina Rosanoffii (Wor.) Bütschli. 6 = Frei schwimmende Zelle. 7 = Schwimmende Kolonie von Ruhezuständen. 8 = Auf dem Wasser schwimmende Zellen.
(Nach Rostafinski, Klebs u. a. Mit Ausnahme von Fig. 1 sehr stark vergrößert.)

eines feinen Mooses. Die Botaniker kennen es schon lange und nannten es Hydrurus foetidus (siehe das Bild). Sie haben aber erst in neuerer Zeit erfahren, daß es kein Moos und keine echte Alge ist, sondern eine Gesellschaft von Goldmonaden, die sich zur Ruhe setzen, eine knorpelige Gallertmasse ausscheiden und sich massenhaft so vermehren, daß sie die Wuchsform einer höheren Pflanze annehmen. So machten sie gleichsam spielend Erfahrungen, die als „Gesetzlichkeit" in späteren Zeiten ihrer Stammesgeschichte, den Bau und die Formen der „höheren Pflanze" regeln.

Die sonstigen kleinen Goldmonaden (Ochromonas, Hymenomonas, Wysotzkia [siehe das Bild], Chrysopyxis, Stylochrysalis) bieten nichts besonders Interessantes; sie wiederholen in ihrem Kreise alle die Anpassungen, deren die Monadenzelle fähig ist. Sie scheiden Stiele aus, bereiten sich Gehäuse oder schwärmen auf gut

Glück umher. Nur über die sozialen Goldmonaden sind wohl noch ein paar Worte am Platze. Syncrypta, Cyclonexis, Uroglena und Synura sind Gattungen, die man deswegen besonders unterscheiden mußte, weil sie in besonderer Weise sich zu Gesellschaften (Cönobien) vereinigen, die durch wohlkoordinierte Peitschenschläge gesittet im Plankton durch das Wasser schweifen. Dinobryon (siehe das Bild auf S. 57) dagegen, das schon oft erwähnte Wirbelbäumchen, ist eine Gesellschaft von Wysotzkia-artigen Zellen, deren jede aus Holzstoff (wenigstens läßt die Zelluloseraktion darauf schließen) ein Becherlein erbaut, aus dem es eine lange Peitschengeißel hervorstreckt. Man hat mehrere Gattungen und etwa 20 Arten von Wirbelbäumchen unterschieden und in besonderen Monographien beschrieben — ein Zeichen dafür, wie sehr diese graziösen Dingerchen die Naturforscher fesseln. Und sie sind auch zu lieb, diese eleganten Zellchen, die wie ein gläsernes Kunstwerk und doch wieder gespenstisch beweglich unsere Seen und Teiche zu Billionen, oft in solchen Massen beleben, daß sie den Hauptteil der Nahrung mancher unserer Fische ausmachen.

Dinobryon war durch seine Massenhaftigkeit ein überaus günstiges Objekt, um die Entstehung der Gehäuse zu beobachten. Sie soll auf eine höchst sonderbare Weise stattfinden. Diese Gehäuse sind um ein Mehrfaches größer als der Inwohner, können daher nicht einfache Abscheidungen der Zellen sein, um so mehr, da sie auch ganz anders geformt sind. Sie sollen nun auf die Weise zustande kommen, daß nach der Teilung die aus dem Muttergehäuse auswandernde Zelle sich an dessen Rande festsetzt und von ihrem „Unterkörper" eine Schicht ablöst, welche erstarrend den Untersatz des Ganzen bildet. Dann soll sich die Zelle ausstrecken, um auch den äußeren Gehäuseteil herzustellen. Sie nimmt dabei die Gestalt an, die das Gehäuse erhalten soll, und scheidet, im ganzen zu bauenden Gehäuse herumwandernd, nach und nach so viel aus, bis das Kunstwerk fertig ist. Man wird diese Darstellung nachprüfen müssen, und für Mikrologen wäre es eine sehr dankbare Arbeit, sich der Erforschung der Gehäusebauten der Einzeller zuzuwenden. Kann diese Darstellung bestehen — und sie wird es wohl, weil man sich die Sache anders gar nicht denken kann — dann wird man allerdings den Zellen einen Kunsttrieb zugestehen müssen und hat damit einen neuen, unumstößlichen Beleg dafür gewonnen, daß ihrem Leben die psychische Betätigung nicht fehlt. Es erhält das Studium dieser putzigen Kleinwelt durch diese Erkenntnis seine besondere Würze und Anziehungskraft, aber auch tiefe innere Bedeutsamkeit. Weil nämlich diese Liliputaner der lebenden Natur der Beobachtung viel besser zugänglich sind als sonst jedwedes Tier oder irgendeine Pflanze, so erwächst aus ihrer Beurteilung die allersicherste Unterlage, um die sozialen Lebensgesetze aus denen der organischen Natur abzuleiten; und das macht sie im tiefsten und besten Sinne zu unseren Lehrmeistern, und ihre Kenntnis zu wahrhaften Elementen echter Bildung. Das ist denn auch die Ursache, warum hier ihrem Leben und Treiben soviel Beachtung und Raum gegönnt wird. Sie besitzen eben mehr Bildungswert als die Flechten und Pilze, auf deren Kosten sie hier ausführlicher behandelt werden — und wenn mein Werk wirklichen Kulturwert erlangen und beitragen soll, die Bildungsschätze, die der Pflanzenwelt zu entnehmen sind, in lebendige und brauchbare Werte der deutschen Bildung umzumünzen, dann muß ich meinen Stoff nach solchen und nicht nach rein durch den Formenreichtum bedingten Gesichtspunkten einteilen.

Darum kann ich zwar über die nächstfolgende Flagellatengruppe der

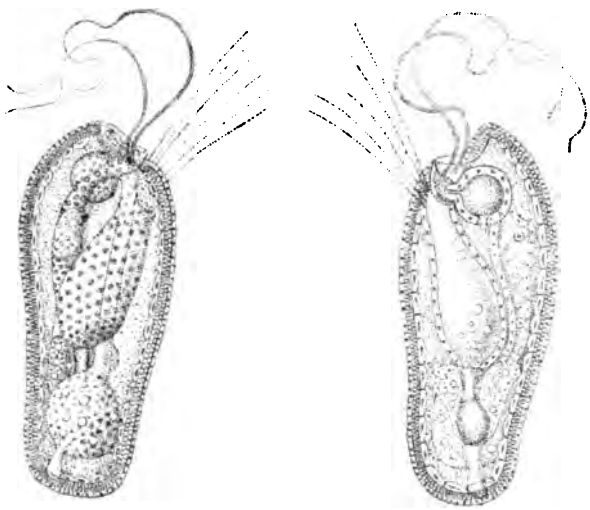
Cryptomonaden

rasch hinweghuschen, muß aber den schon bisher vielgenannten Eugleninen um so mehr Liebe und Sorgfalt widmen. Die Cryptomonaden sind in Liliput gemein, wie der Löwenzahn oder die Gänseblümchen auf einer Wiese. Sie stehen wohl in einem gewissen Zusammenhange zu den Goldmonaden, die überhaupt allerlei rätselhafte Verbindungen mit braunen Algen (Naegeliella, Phaeothamnion, Phaeocystis, Phaeococcus) haben und im allgemeinen noch schlecht bekannt sind, weshalb denn in neuerer Zeit Klebs, Lemmermann, oder der Amerikaner Stokes auf einmal einen großen Reichtum an Formen aufdecken konnten und auch damit sicher erst einen Bruchteil der Formenvielheit ans Licht brachten.

Cryptomonas ist nämlich auch goldgelb oder olivenfarben wie die Goldmonaden und kann mit ihnen leicht verwechselt werden. Aber das gilt nur für einen Teil der Formen. Ich habe schon geschildert (S. 49), daß es spangrüne, blaue, violette, ziegelrote Cryptomonaden gibt, und nun kann ich noch hinzufügen, daß die zweite Hauptgattung der Gruppe, nämlich Chilomonas, farblos ist, aber Leukoplasten und Stärkekörner enthält, Rhodomonas im baltischen Meere dagegen rot ist wie die Rottange des Meeres. Was mag wohl das wieder für ein Problem sein? Heute noch ein unlösbares, ebenso wie der seltsam komplizierte Bau dieser Wesen, von dem Kunstler geradezu Unglaubliches berichtet, das ich aber so ziemlich übergehen kann, weil es noch unbestätigt ist und bei dem heutigen primitiven Stande der Zellenkenntnis auch gar nicht erklärt werden kann. Es ist das eine Sache, auf die ich nicht oft genug zurückkommen mag, da ich sie für einen der notwendigsten Fortschritte unserer Naturkenntnis halte, zu dem schon der Weg geebnet ist, der also unbedingt die Sensation des nächsten Jahrzehntes sein muß. In eine gemeinverständliche Formel gebracht, kann man die Sachlage etwa so ausdrücken: Die Zelle verrät mehr Fähigkeiten, als sich durch ihren heute bekannten Bau erklären läßt!

Der zwingende Schluß hieraus ist, daß ihr Bau noch besser untersucht werden muß, weil er unbedingt komplizierter sein muß. Der geistvolle Chemiker Neumeister hat in einer hübschen kleinen Schrift über die chemische Organisation der Zelle einmal darauf hingewiesen, daß sich der Organismus und die Zelle für ihre vielerlei Manipulationen der Abscheidung, Mischung, Läuterung, Reinigung, Zerlegung und Zusammensetzung der Stoffe im Grunde genommen derselben Vorrichtungen und Gefäße bedient wie der Chemiker, wenn er die gleichen Prozesse künstlich nachmacht. So geschehen z. B. die meisten Stoffwandlungen im Organismus in langen Röhren; Gifte und sonst zu isolierende Substanzen werden in Drüsen und Hohlräumen aufbewahrt, die den Retorten des Chemikers gleichen, und die meisten interzellularen Chemismen vollziehen sich in Vakuolen, mit denen die Zelle hantiert, in denen sie Schädliches oder besonders Wertvolles beiseite stellt, als ob es Glasflaschen wären. Der Chemiker hat hier deutlich darauf hingezeigt, daß wir wohl berechtigt sind, in den so ungeheuer mannigfaltig und kompliziert tätigen Einzellern von vornherein mehr an Organisation zu vermuten, als uns ihre Kleinheit und bald allzugroße, bald allzugeringe Durchsichtigkeit heute zu erkennen gestattet. Mit solchen Gedanken im Kopfe, bitte ich die zwei Bilder zu betrachten, die ich den Kunstlerschen Studien entnommen habe und die

eine Cryptomonas mit den wunderlichsten Organisationseinzelheiten darstellen. Man möge sich also nicht wundern, wenn da eines Tages eine neue Wissenschaft der intrazellularen Anatomie und Histologie aufblüht, an welche die größten Hoffnungen geknüpft werden müssen, daß man durch sie dem Urgrund des Lebens, von dessen Erkenntnis wir heute noch weitab sind, näher treten kann. Ich wollte nicht verschweigen, daß wir heute bereits die Anfangsgründe dieser Wissenschaften festlegen und an der Tür stehen, die zu einem tieferen Stockwerk lebender Organisation hinabführt. Den Fachgelehrten unter den Lesern dieser Zeilen mag das eine Mahnung sein, wie sich die nächsten und wichtigsten Probleme der Lebensforschung gestalten müssen, und ihnen gilt es, wenn ich hinzufüge, daß ich einige Einzelheiten des phantastischen Bildes, das Kunstler von Cryptomonas entwirft, so die alveoläre Struktur des Schlundes, der Pellicula und die merkwürdige zellenartige Auskleidung der äußeren Schichten aus eigener Erfahrung bestätigen kann. . . . Und noch mehr solcher Einzelheiten von der gewöhnlichen Euglena viridis, an der ich, wie S. 50 schon erwähnt, sogar die Existenz einer von Kunstler immer wieder gefundenen Verbindung zwischen Vorder- und Hinterende durch ein mehrfach angeschwollenes darmartiges Rohr (eines Rhizoplasten) mit aller Bestimmtheit behaupte.



Cryptomonas ovata Ehrb.
Der innere Bau der Zellen nach dem Werke von F. Kunstler.

Eugleninen

sind wohl nebst den Monaden die häufigsten aller Geißelwesen und unbestritten auch die interessantesten. Sie befriedigen auch ästhetisch am meisten, mag man nun an das drollige, fischartige Leibchen des gemeinen Änderlings oder die oft schraubig gedrehten, oder flach ausgebreiteten Phacus-Arten, an die tonnenförmige Lepocinclis, oder die wundernett ornamentierten Trachelomonaden denken. Eine Form ist da anziehender, bizarrer und eleganter als die andere (vgl. die Bilder auf S. 29 und die Tafel).

Diese Euglena viridis! Sie stößt jedem angehenden Mikrologen wohl am ehesten auf und fesselt ihn am nachhaltigsten. Dementsprechend sind auch in der Geschichte der Wissenschaft einige Blätter mit gar ergötzlichen Dingen von ihr beschrieben.

Sie ist offenbar einer der Einzeller, die sich zuerst dem Blicke der Menschen enthüllten. Schon 1696 beschrieb der Engländer Harris die Wesen des „grünen Wassers“. Und seitdem macht sie alle Wandlungen unserer von kindlichen Anfängen zur heutigen Gedankenschwere herangediehenen Mikrologie mit. Im Laufe zweier Jahrhunderte wechselt sie dutzendmal ihre Namen. Schleimige grüne Haut, fischartige grüne Insekten, Conferva, Tremella, Vorticella, Cercaria, Volvox inconnu, Furcocerca, Tiresias,

Lacrimatoria, Cadmus, Raphanella, Crumenula, Protococcus, Amblyophis, Monas, Palmella, Closterium, Oscillaria, Enchelys, Vibrio, Protonema, Barbula — ein ganzes Wörterbuch von Namen und Bezeichnungen — das ist alles Euglena viridis. Ehrenberg sagt über sie in seiner treuherzig anschaulichen Art: „Man hat es (dieses Tierchen) in seinen wahren und eingebildeten Zuständen zu den Infusorien, den Rädertierchen, den Algen und Moosen gestellt, Priestley scheint es zu den Erden gerechnet zu haben. Diese kleine niedliche Tierform bleibt ein merkwürdiges Denkmal, wie irrige Beobachtungen auf irrige Theorien und irrige Theorien wieder auf falsche Beobachtungen leiten, bis zuletzt ein Turmbau zu Babel entsteht und ein einfacher Körper 17 scheinbar rechtmäßige Gattungsnamen erhält, alle drei Naturreiche durchläuft, die wunderlichsten Verwandlungen eingeht, ein neues vergängliches Reich gründet und am Ende doch wieder zu einem einfachen, niedlichen und harmlosen Tierchen wird."

Wie viel Psychologie läßt sich aus dieser Geschichte des Irrtums lernen! Was hat man nicht alles an den Änderlingen „beobachtet", was hat man nicht von ihnen geglaubt und über sie spekuliert! Man sah, daß sie sich in Algen verwandelten und diese wieder in Moose, man knüpfte die tollsten Vermutungen an ihre zauberhafte Bewegungskraft, weil man ihre Geißel mit den jämmerlichen Mikroskopen des Vormärz nicht zu entdecken vermochte; ein geistvoller Franzose begründete mit ihnen ein „Reich der Doppelseelen", allwohin Wesen gehören, die bald Tiere, bald Pflanzen seien .... Eine psychologisch besonders pikante Einzelheit sollte man nicht der Vergessenheit anheimfallen lassen. Leeuwenhoek, der die Euglena auch schon kannte, glaubte aus irgend einer Ursache, sie habe einen gabelspaltigen Schwanz. Das ist nicht wahr, und wir begreifen heute nicht, wie man dazu kommen konnte. Aber Ingenhousz, Müller, Paula v. Schrank, Nitzsch, lauter angesehene Naturforscher, bestätigten 120 Jahre lang, der Gabelschwanz sei da! Wie konnte das möglich sein? Ist der Autoritätsglaube so groß, daß er zu Sinnestäuschungen führt? Wer die Geschichte der Wissenschaften und die Gelehrten kennt, wird hier wehmütig lächeln.....

Erst Ehrenberg machte diesen Irrtümern ein Ende — und beschrieb in diesen „niedlichen Tierchen" Eierstöcke, Magen, Samendrüsen, Gehirn und Därme. Heute berichtigen wir mit überlegenem Lächeln die Irrtümer Ehrenbergs und wissen ganz genau, daß Euglena eine Pflanzenzelle sei, aus einfachem Plasma erbaut mit Zellkern, Pyrenoid, Stärkekörnern, Chromatophoren und Stigma. Und vor wenigen Jahren warf Kunstler uns vor, wir seien nicht imstande, richtig zu beobachten, denn Euglena habe wirklich einen Magen und einen Darm..... Und so pendelt das Wissen vom Irrtum des Gestern zur Täuschung des Heute und findet dabei seinen richtigen Weg, was das Allerunbegreiflichste an dieser ergötzlichen und traurigen Geschichte ist.

Solche Gedanken bewegen den in seiner Wissenschaft bewanderten Mikrologen, wenn er im Frühling allüberall in jedem Rinnstein, jeder Mistpfütze die grünen Überzüge und in den Wassertonnen und Weihern die dunkelgrünen Schwärme der Euglenen sieht. Er weiß, daß diese einfachen Zellen von einer so ungemeinen Vielgestaltigkeit sind, daß man nicht nur zwei Dutzend Gattungen, sondern über neunzig Arten davon unterscheiden muß, je nachdem der Änderling metabolisch (Euglena, Eutreptia) oder starr (Phacus, Lepocinclis), grünfarben oder farblos (Astasia), holophytisch oder autotroph (Peranema), freischwärmend oder an Tieren festsitzend (Colacium),

mit einfacher Haut umhüllt oder in Gehäuse eingeschlossen ist (Trachelomonas) oder in Schleimhüllen sitzt (Ascoglena). Je nachdem die farblosen Formen eine (Petalomonas, Scytomonas) oder zwei Geißeln haben (Heteronema), je nachdem eine dieser Geißeln als Steuerungsseil nachgeschleppt wird (Anisonema) oder nicht, oder ob ein Mundapparat vorhanden ist (Entosiphon) oder keiner. Nach solchen Merkmalen werden die Gattungen unterschieden, während die Arten nach den Verschiedenheiten der Körperform Übersicht in die Verwirrung der sich durcheinander drängenden Formen bringen sollen.

Biologisch oder kulturgeschichtlich bemerkenswert sind unter ihnen außer dem schon geschilderten gemeinen Änderling (Euglena viridis, Bild siehe die Tafel) und der nach Bedarf farblos oder grün werdenden Euglena gracilis (vgl. S. 48) noch die wunderschöne Euglena sanguinea Ehrb., die oft und oft „Blutwunder" hervorgebracht hat, da sie sich in Teichen so massenhaft vermehrte, daß sie mit blutigem Schaum bedeckt erschienen und die Fische abstarben. Ehrenberg, der ein Kind jener rationalistischen Ära ist, die alle „Wunder der Bibel" durch vernünftige Deutung auf ihre natürlichen Ursachen zurückzuführen suchte, setzte sich sogar sehr lebhaft dafür ein, daß die in der Bibel erwähnte „blutige Färbung des Nilwassers" zu Mosis Zeiten auf den Blutänderling zurückzuführen sei. Der rote Farbstoff, den man wissenschaftlich Lipochrom nennt, kann von der Zelle, wie es scheint, nach Bedarf hervorgebracht werden, denn die Rotfärbung erstreckt sich oft nur auf einen Teil des Körpers. Sie kann völlig verschwinden und plötzlich wiederkehren, was auf seine Bedingungen hin experimentell geprüft werden sollte, ebenso — um noch einige Probleme aus diesem Kreise zu nennen — wie die Gehäusebildung der Trachelomonaden und Ascoglenen, die Anheftung und Stielbildung von Colacium, oder die Lebensweise von Astasia, die Bedeutung des unbegreiflichen Mundapparates von Urceolus und Entosiphon, des Stabapparates bei Dinema — alles Dinge, über die man heute kaum erst Vermutungen hat.

Für die Beurteilung des „Lebensinhaltes" dieser anziehenden Wesen bietet sich dem Zellpsychologen namentlich in dem überall häufigen Peranema trichophorum (Ehrb.) St. ein höchst dankbares Studienobjekt. Diese Zelle ist langspindelförmig und kann ihre Körpergestalt nach Belieben verzerren. Ihr innerer Bau ist noch sehr wenig aufgehellt. Man erkennt eine Mundöffnung am Vorderende des etwa $^1/_{20}$ mm (= 50 μ*) langen Körperchens, am Grunde der langen Geißel. Dabei liegt ein starres Ding, das wie ein Nagel aussieht, vor- und rückwärts geschoben werden kann, das Staborgan genannt wird und von dessen Bedeutung man gar nichts weiß. Die Haut ist so wie die fast aller Eugleninen mit derben Spiralstreifen geziert. Warum? Das ist rätselhaft. Noch unerklärlicher ist die Aufgabe der kurzen Härchen, die auf den Verdickungen der Membran sitzen. Peranema nimmt auf tierische Weise Nahrung auf, enthält aber trotzdem Paramylon, hat also wohl Leukocysten. Über Vermehrung und Ruhe, Überwinterung und Schutz schweigen alle Quellen. Ich habe diesen betrüblichen Zustand unserer Kenntnis oder vielmehr Unkenntnis deshalb mit breiterem Pinsel ausgemalt, um an einem Beispiel augenfällig zu zeigen, wie sehr wir in der Erforschung

* Die Mikrologen geben die Größe der Objekte gewöhnlich in tausendstel Millimetern an, $^1/_{1000}$ mm wird als 1 μ (griech. mi) bezeichnet.

der Kleinwelt am Beginn stehen, wie leicht da jeder emsige Beobachter mithelfen kann — und wie kühn es ist, über Zellen und Zellenleben von vornherein abzuurteilen, wenn man noch so wenig über sie weiß. Gerade Peranema kann in dieser Hinsicht um einen dankenswert aufklärenden Schritt weiterführen. Ihre Beweglichkeit ist — wie alle Bewegungen der Lebewesen — der Spiegel des Innenlebens. Und wenn man dabei genau zusieht, wird man finden, daß die Bewegungen dieser Zelle von Eindrücken, psychologisch gesagt, von Wahrnehmungen gelenkt werden, also urteilsmäßig verlaufen. Ich habe dieser Sache besonderes Studium gewidmet und kann meinen Lesern versichern, daß sich an dem Verhalten dieses Wesens das Vorhandensein von Tastempfindung und durch sie gelenkter Handlungen mit Sicherheit erschließen läßt.

Dieses gefräßige, kleine Ungeheuer zieht rastlos durch seine Welt, um Beute zu machen. Es fließt mit einer gewissen ruhigen Würde dahin, vor sich gerade ausgestreckt die Geißel, die mit dem oberen Viertel leise schlängelt. Eine Minute vergeht, da krümmt sich die Peitsche heftig, schlägt nach einer anderen Richtung, und die Zelle ändert nun den Kurs. Ein Peitschenschlag hat ein ruhendes Infusorium getroffen. Sofort schlängelt die Geißel zurück, der bewegliche Körper macht einige Grimassen des Unbehagens, doch der Kurs wird beibehalten. Schon wieder hat er zu einem Zusammenstoß geführt. Diesmal ist eine Kieselalge das Hindernis. Nun wird Kraft angewendet. Wie wütend schlägt das feine Fädchen um sich und nicht ohne Erfolg. Das Kieselschiffchen gleitet zur Seite, aber nun ist guter Rat teuer geworden. Ein Archipel von Schlammbröckchen und Algenfäden versperrt den Weg. Gewundene Kanäle führen zwar weiter, allein es erfordert äußerste Lotsenkunst, sich in ihnen zurechtzufinden. Peranema ist ein solcher Lotse. Er schlängelt sich hinein; ist der Weg rechts versperrt, sofort wendet er nach links, ohne erst vergeblich zu bohren und mit dem Kopf an die Wand zu rennen. Geht es links nicht, so dreht er sich um oder stößt nach unten. Wer da einmal zugesehen hat, merkt es sich für alle Zeiten, daß so ein Zellchen nicht ungeschickter ist als eine Ameise, die auf der Wiese zwischen Halmen und Gefahren ihren Weg sucht.

Und so erblicken wir in dieser höchstorganisierten Flagellatenform bereits die Brücke, die im Geistigen vom Einzeller zum Vielzeller leitet, denn in den Bewegungen eines Strudelwurmes, z. B. einer Planaria oder einer Seeanemone, offenbart sich durchaus nicht mehr an „Reizverwertung", wie in den kleinen Episoden aus dem Leben im Wassertropfen, die ich hier erzählte.

Ich bezeichnete soeben die Euglenen als höchstorganisierte Flagellaten, muß aber nun den Vorbehalt dazufügen, daß sich darüber streiten läßt, ob nicht die

Dinoflagellaten

sie an Gliederung des Baues und innerer Arbeitsteilung übertreffen. Ich glaube, daß ein großer Teil meiner Leser geneigt sein wird, dies zu bejahen, wenn sie das bereits über den Bau der Dinoflagellatenpanzer Gesagte mit dem vergleichen, was sie über die Flagellatenorganisation wissen. Nun entspricht allerdings der innere Bau der Dinoflagellatenzelle nicht dieser außerordentlichen Komplikation ihres „Hautskeletts". Es ist das ein einfacher Zellkörper mit zwei Geißeln und einem großen Zellkern, in dem man die feinere Struktur besonders leicht erkennen kann als Stäbchen und parallel gelagerte Fäden. In der Zelle gibt es ferner oft so viel Vakuolen, daß das Plasma fast schaumig ist, darunter eine oder zwei, die manchmal ebenso regelmäßig pulsieren,

wie die kontraktilen Vakuolen der Geißelzellen, und die auch deren feineren Bau, die Tochtervakuolen und den Ausführungsgang besitzen. Auch Farbstoffplatten sind da. Bald grüne (Glenodinium), gelbgrüne, hellgelbe, meist braungelbe oder dunkelbraune. Gymnodinium aeruginosum ist blaugrün, Ornithocercus ist bald farblos, bald farbig, eine ganze Anzahl von Formen ist ständig farblos, und wir sind in Verlegenheit, ob wir die auch in ihnen auftretende Stärke als Produkt von Leukoplasten oder als freigebildet ansehen sollen. Der Kieler Botaniker Fr. Schütt, der neben Stein, Schilling und Bergh die größten Verdienste um die Erkenntnis dieser Wesen hat, beschreibt in seinem großen Werke über die Peridineen der Planktonexpedition die Art und chemische Beschaffenheit dieser Gebilde höchst ausführlich. Seit ihm wissen wir, daß der schon lange bekannte Augenfleck vieler Dinoflagellaten den gleichen augenhaften Bau mit Farbstoffschicht und Linse hat (besonders schön bei Pouchetia), wie ich ihn für die Flagellaten nachgewiesen habe, daß die Dinoflagellaten als Reservestoff auch Fett und Öl in besonderen Fettbildnern (Lipoplasten) herstellen, daß manchmal auch Pyrenoïde da sind. Sonst erkennt jeder, der sich mit diesen schöngeformten Wesen beschäftigt, die sich hurtig im klaren Wasser pflanzenreicher Tümpel, vor allem aber im Plankton des Süßwassers und der Meere tummeln, daß sie oft schwarze Massen, rote Öltropfen führen. Bei einiger Aufmerksamkeit ist es nicht schwer festzustellen, daß namentlich die farblosen und nackten Arten (Gymnodinium hyalinum) die Pflanzennatur verleugnen und wacker kleinere Flagellaten fressen, was vielleicht von allen Peridineen gilt. Nicht selten findet man im Bodensatze der Gewässer auch ruhende Zellen dieser Art eingekapselt in ihren Panzer, oder auch in Gestalt eines braunen Hörnchens (besonders Peridineen), und nicht allzuselten überzeugt man sich auch, daß ihre Vermehrung durch Teilung stattfindet, wobei jede Hälfte die ihr fehlenden Panzerplatten ergänzt.

Insofern ist also zwischen einer Dinoflagellatenzelle und der aller anderen Geißelwesen gar kein Unterschied, und ich sehe auch nicht ein, warum man im System diese Wesen von jenen trennen soll. Der alte Irrtum (der sich auch auf den Steinschen Bildern findet), daß die Dinoflagellaten außer der Geißel auch noch Wimpern besitzen, ist schon längst aufgeklärt worden. Die eine Geißel birgt sich nämlich zum Teil in der Querfurche, welche fast alle diese Wesen auszeichnet, und täuscht durch ihr Schlängeln das Schlagen einer Wimperreihe vor. Diese Quergeißel ist übrigens, wie neuere Untersuchungen ergeben, eigentlich eine undulierende Membran, nach Art jener bei Trichomonas und Trypanosoma.

Es gibt aber in ihrem Leben eine Erscheinung, die ein Novum im Kreise der Geißelzellen ist. Und das ist die neuerdings unzweifelhaft gewordene Konjugation, die Vereinigung zweier Zellen zu einem Gemeinsamen, das sich dadurch verjüngt. Es ist nichts anderes als das Urbild des Geschlechtsaktes, das erste Auftreten von Sexualität. Der österreichische Algenforscher Zederbauer hat die Tatsache im Jahre 1904 entdeckt, und sie wird nun neuestens von G. Entz jun. in Budapest bestätigt. Entz schreibt darüber in seiner Abhandlung: Die Organisation der Peridineen: „Die konjugierenden Ceratien haften durch eine von der Längsfurche ausgehende Plasmabrücke aneinander. Der Inhalt des einen Konjuganten wandert in den zweiten über, wonach der Panzer des einen Individuums entleert, der des zweiten aber infolge der inneren Schwellung

abgeworfen wird. Der auf diese Weise gehäutete, durch die Vereinigung zweier Individuen entstandene Körper ähnelt der bekannten dreihörnigen Zyste der Ceratien, die also eigentlich eine Zygospore ist, bei der nicht die ganze Körpermenge der Eltern verbraucht wurde. Dies findet gewöhnlich im Spätherbst von Ende Oktober bis Ende Dezember statt. Aus den bekannten Zysten schlüpfen im Frühjahr kleine, normal gestaltete Zellen aus, die kräftig wachsen, nach einiger Zeit jedoch wieder kleinere Nachkommen hervorbringen. Diese erlangen erst durch neuerliche Konjugation die Kraft, der drohenden Degeneration vorzubeugen, genau so wie wir dies von den Wimperinfusorien kennen.

Da wäre denn also zugleich der Sinn des merkwürdigen Vorganges erkannt und damit ein Band enger geschlungen, das diese Zellen an die eigentlichen Algen und zwar namentlich an die Kieselalgen (Bacillariaceen = Diatomaceen) knüpft. Diese beiden Wesensgruppen müssen in irgendwelchem Abstammungsverhältnis zueinander stehen. Dies läßt sich daraus erschließen, daß beide starre Panzer aus Zellulose und eingelagerten Stoffen haben, aus Platten aufgebaut und bis in Einzelheiten einander ähnlich sind, daß bei beiden die Teilung im Wesen gleich verläuft, und daß bei beiden eine in ihren Zielen und in ihrer Ausführung gleichverlaufende Verjüngung eintritt. Auf solche Analogien baut sich ja die ganze Wissenschaft von der Abstammung der Lebewesen auf, woran sich oft und nachdrücklich zu erinnern nur nützlich sein kann gegenüber dem Streben vieler Naturforscher, dem Analogieschluß dort, wo er ihnen nicht paßt, nämlich in der Zellen- und Pflanzenpsychologie, Recht und Gültigkeit zu verwehren.

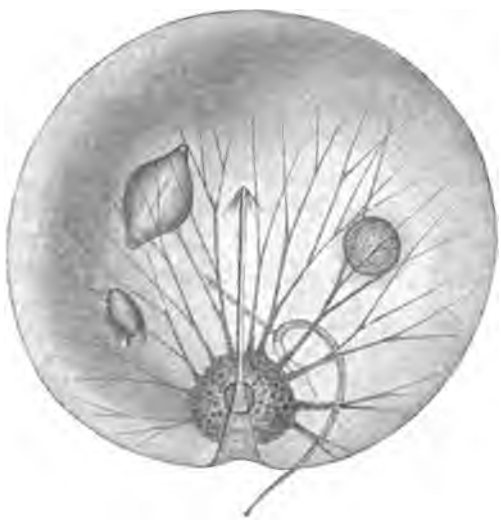
Da wir nun aus vielem sehen, daß die Dinoflagellaten eng verschwistert sind mit den Geißelzellen, diese aber in ununterbrochenem Formenfluß zu den einfachsten aller Lebewesen leiten, so haben wir wohl das Recht anzunehmen, daß die Kieselalgen aus Dinoflagellaten entstanden sind, und nicht umgekehrt. Oder richtiger gedacht, daß beide Wesensgruppen Endzweige einer sich gabelnden Anpassungsreihe sind, die in gemeinsamen Ahnen ihren Ursprung nahm.

So erkennen wir die Flagellaten als das wirkliche Ur- und Zwischenreich, aus dem einst alles sproß, was heute als Pflanze, Tier und Mensch auf Erden lebt. Die Monaden führen zur Bakterien- und Pilzreihe, die grünen Flagellaten zu den Volvoxartigen und den Grünalgen, die Raubzellen zu den Amöben und Infusorien und durch sie zu den Tieren, die Dinoflagellaten zu den Kieselalgen, also wieder ins Pflanzenreich. Hinüber, herüber, hin und wieder spinnen sich die Verbindungsfäden und verweben sich für uns zur Gewißheit, daß die ganze Tier- und Pflanzenwelt eine große, auf gemeinsame Ursprünge zurückgehende Einheit ist. Solche Erkenntnis aber ist der große ideelle Nutzen, der sich aus richtig und modern betriebenen systematischen Studien ergibt.

Im einzelnen ist von den Dinoflagellaten nicht allzuviel zu sagen. Nach ihrem Äußeren gliedert man sie in drei Wesensgruppen: je nachdem ein Panzer vorhanden ist oder nicht (Gymnodiniaceen), je nachdem, ob dieser Panzer nur aus 2 Schalen (Prorocentraceen) oder aus mehreren Platten zusammengefügt ist (Peridiniaceen). Es braucht wohl nicht hinzugefügt zu werden, daß die Gymnodinien und Prorocentraceen die Brücke sind, welche die gepanzerten Peridinien mit den sonstigen Flagellaten verbindet.

Hemidinium, Amphidinium und Gymnodinium sind nicht allzu häufige Süßwasserbewohner. Die übrigen Formen der Gymnodinien sind in den wärmeren Meeren zu finden, wie es überhaupt eine Merkwürdigkeit dieser Wesen ist, daß die meisten Formen nur im Warmwasser (Beispiel Pouchetia, Steiniella, Podolampas, Blepharocysta, Phalacroma, Ornithocercus, Citharistes) vom Mittelmeer bis in die Tropen, andere dagegen nur oder vorwiegend nur im kalten Wasser der nördlichen Meere vorkommen, so die Gattung Dinophysis oder die bizarren marinen Ceratium-Arten.

Die Feuerzelle (Pyrocystis noctiluca) ist ein gelbes Kügelchen, eine andere Art (P. lunula) ein gelbes Hörnchen, das in unermeßlichen Mengen in der Nord- und Ostsee und im Atlantischen Ozean schwimmt — und des Nachts leuchtet. Das Meerleuchten wird zwar von sehr vielen Tieren (Seescheiden [Pyrosoma], Salpen, Medusen, Nachtschnecken usw.) hervorgebracht an seinem berühmten klassischen Orte, nämlich dem Stillen Ozean an den Küsten Südamerikas um das Kap Horn herum; in den europäischen Meeren (Nordsee, Atlantik und Mittelmeer) dagegen vornehmlich durch Dinoflagellaten (Peridinium divergens, micans, Pyrocystis, Ceratium u. a.) und durch eine absonderliche große Geißelzelle, die Stein genau untersuchte. Man nennt sie Noctiluca miliaris (s. das Bild), und die Botaniker wagen nicht, sie in ihre Register aufzunehmen. Man hat verschiedentlich behauptet, daß Peridinium und Ceratium auch im Süßwasser leuchtende Funken und schwache Blitze werfen. In schwüler Gewitternacht, als der Plattensee, der Ceratien zu Milliarden beherbergt, gleißend ruhte, hatte ich einmal selbst den Eindruck, als ob ein mattes Phosphoreszieren auf den Wellen tanze, die um unser Boot spielten. In geschöpften Wasserproben gab es aber keine Leuchtfunken.



Kleine Noctiluca miliaris Surir. von Helgoland. Mäßig vergrößert. (Nach F. Stein.)

Wie majestätisch rollt dagegen dieser Glanz über das Meer, wo er sich — wenn auch selten — so steigern soll, daß der weite Spiegel in fahles Licht getaucht ist, das zu lesen gestattet und die Signallaternen verblassen läßt. G. Jäger gibt in seinem anziehenden Werke über „Das Leben im Wasser" folgende prächtige Schilderung eines von ihm beobachteten Meerleuchtens: „Es begann kaum zu dämmern, so wurden die Streifen der Ruderschläge im Wasser immer deutlicher in der Form fahler, flatternder Bänder, und noch ehe die Dunkelheit hereingebrochen war, erkannte man in dem matten Silberschein allmählich die einzelnen Lichtpunkte, wie man in der Milchstraße des Himmels bei langem Zusehen die einzelnen Sternchen unterscheidet. Zauberhaft wurde der Anblick, als völlige Nacht hereingebrochen war. Wo eine Bewegung das Wasser

Das Leuchten des Meeres.

(Nach einem Aquarell von M. Zeno Diemer.)

KOSMOS
STUTTGART

UNIV. OF MICH.

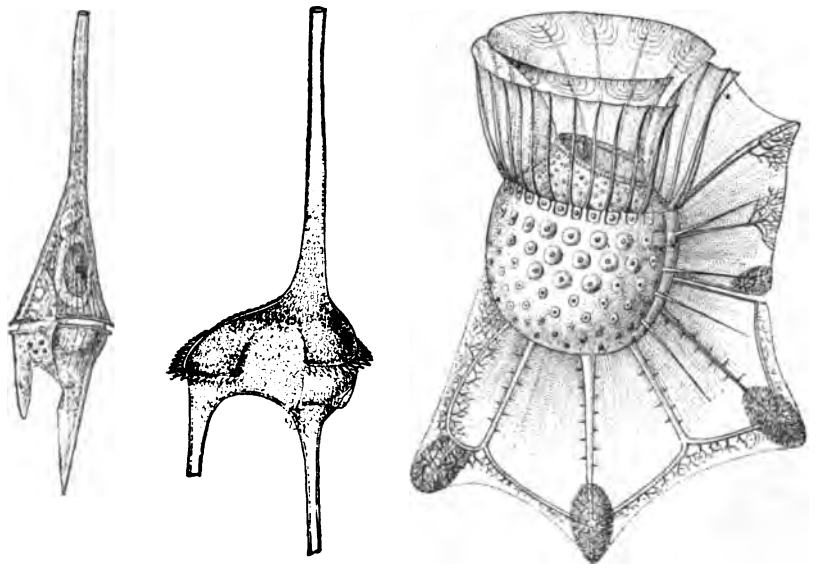
traf, schien jeder Tropfen zum Brillanten geworden zu sein. Schlug man mit dem Ruder auf die Wasserfläche, so erhob sich eine Feuergarbe, und jeder Wasserteil, der zurückfiel, zerstob in leuchtende Funken. Strich man durchs Wasser, so flatterte ein breites Band von hüpfenden und tanzenden Lichtern hintendrein, stach man in das Tangdickicht des finstern Meergrundes, so sah man dort und da magisch leuchtende Streifen durchs Wasser hinschießen: es waren die Bahnen aufgescheuchter Fische und Garneelen, deren Bewegung das gleiche Aufleuchten hervorbrachte, wie die des Ruders." (Siehe die Tafel zu S. 101.)

Über die Ursache dieser prachtvollen Erscheinung sind wir freilich noch sehr wenig unterrichtet, denn es besagt nicht viel, wenn man sich für überzeugt hält, daß ihm ein lebendiger Oxydationsprozeß zugrunde liege (vgl. darüber Bd. II, S. 394, wo übrigens durch einen Druckfehler das leuchtende Peridinium divergens unter die Leuchtbakterien geraten ist).

Von den eigentlichen Peridineen sind außer diesen Leuchtzellen eigentlich nur die Hochseewesen von Interesse durch die Massenhaftigkeit ihres Vorkommens, die sie im Verein mit den ihnen zugesellten Planktonkieselalgen zur überaus wichtigen Fischnahrung macht. Man kann sogar sagen, der Fischreichtum der Gewässer beruhe auf ihnen. Wer sich nun je an den kristallklaren Fluten des Meeres ergötzt hat, die viele Meter tief noch den Grund erkennen lassen, weil sie meist durchsichtiger sind als das Süßwasser, wird solche Behauptung freilich ungereimt finden. Aber bei längerer Seereise wird er es selbst erleben, daß weite Strecken der Hochsee gelblich oder grünlich schimmern von den Billionen der Planktonpflänzchen, die auf der Oberfläche schweben, und man hat berechnet, daß manche Meeresgebiete so viel organische Substanz enthalten wie die Gräser einer gleichgroßen Wiese. Außerdem möge man bedenken, daß alle diese Schwebewesen glashell durchsichtig sind; zu guter Letzt überzeuge man sich doch und mache mit einem Planktonnetz ein paar Fänge auf dem Meere oder in einem See. Binnen wenigen Minuten hat man eine gequollene, gallertige Masse aus dem völlig durchsichtigen Wasser gewonnen, die — wenigstens auf der Hochsee — fast ausschließlich aus Ruderkrebschen, Peridineen und Kieselalgen besteht. Über ihre besonderen Schwebeanpassungen wolle man Bd. I, S. 459—462 nachlesen, wo auf einer beigegebenen Tafel auch die kennzeichnendsten dieser Wesen abgebildet sind; darum kann ich mir hier weiteres darüber ersparen. Ich konnte im Jahre 1898 mit Unterstützung der ungarischen Akademie der Wissenschaften längere Zeit hindurch diese prachtvollen Geschöpfe im Adriatischen Meere studieren und habe noch heute ihren außerordentlichen Formenzauber unverlöschlich im Gedächtnis. In den istrianischen und kroatischen Gewässern sind es vorwiegend die Ceratien (C. tripos [s. das Bild auf S. 26], furca, candelabrum [Bild S. 102], fusus), die unzählbar sich im Plankton tummeln; neben ihnen findet man am häufigsten Goniodoma acuminatum (siehe das Bild auf S. 60), Peridinium divergens, seltener schon Diplopsalis-, Ceratocorys-, Dinophysis- und Phalacroma-Arten. Diese Gestalten sind auch in den deutschen Meeren die häufigsten der marinen Peridineen und diejenigen, welchen die Volkswirtschaft ihre Aufmerksamkeit zuwenden muß. Die ganz absonderlichen Ornithocercus- (siehe das Bild), Histioneis- und Citharistes-Arten gehören vorwiegend den tropischen Meeren an.

Im Süßwasser spielt von allen nur Ceratium (Bilder S. 24 und 25) eine gewisse Rolle. Ihre langhörnige Seeform ist für die jungen Fische das tägliche Brot, und man kann sich dieses überaus zierliche Wesen stets leicht verschaffen, da es in keinem der mitteleuropäischen Seen ganz fehlt, wenn es auch nur in manchen Seen (z. B. Balaton) eine herrschende Stellung einnimmt und stets, wie alle diese Wasserwesen, an eine „Saison" gebunden, d. h. vom April bis August häufig, im November jedoch am rarsten ist.

Damit ist das zu Ende, was der Leser von dem Leben und der Bedeutung dieser Urahnen des Pflanzenreiches wissen muß. Ich habe es mit Bedacht ausführlicher gestaltet, als die Harmonie der Darstellung es verlangt, denn das gründliche Verständnis des Anfanges erleichtert auch hier wie in der Mathematik das Verständnis des übrigen.



Peridineen der Hochsee.
Links Ceratium furca und C. candelabrum aus dem Adriatischen Meer. Rechts Ornithocercus magnificus St. aus dem Atlantischen Ozean. (Abbildung 1—2 Originale des Verfassers, Abbildung 3 nach Stein.) Etwa 300fach vergrößert.

Und noch etwas trieb mich dazu: die tiefe und innige Bewunderung für diese Zaubergestalten der schaffenden Natur, die mir ja in vielen, vielen einsam-schönen Stunden herzensvertraut geworden sind. Deswegen drängte es mich, nach wärmeren und innigeren Worten für sie zu suchen, um auch andere von dieser stillen Liebe zu einem Gegenstande etwas fühlen zu lassen, den der so verehrungswürdige Ehrenberg auf das treffendste in seiner wahren Bedeutung erfaßte, als er die Einleitung seines Lebenswerkes mit den würdevollen Worten schloß: „Es gibt ein vollendetes organisches Leben im unsichtbar kleinsten Raum, welches die Größe des Großen in der Natur unabsehbar erhebt."

Die bemerkenswertesten der benützten Schriften über Flagellaten sind:

1. G. Chr. Ehrenberg, Die Infusionstierchen als vollkommene Organismen. Berlin. Folio. 1838. Mit einem Atlas von 64 kol. Kupfertafeln. (Grundlegend, doch in manchem veraltet.)
2. Fr. v. Stein, Der Organismus der Infusionstiere. III. Bd. Leipzig. Folio. 1878. (Prachtwerk mit den besten Bildern über Flagellaten.)
3. G. Klebs, Über die Organisation einiger Flagellatengruppen. (Untersuchungen aus dem botan. Institut. Tübingen. Bd. I. 1883.)
4. G. Klebs, Flagellatenstudien. (Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, 1892. Bd. LV.)
5. Dangeard, P. A., Recherches sur les Cryptomonadinae et les Euglenae. (Le Botaniste 1889.)
6. Francé, R., Der Organismus der Choanoflagellaten. Budapest. 1897. 8°.
7. Kent, S., A Manual of Infusoria. London. 4°. 1880—82. (Mit vielen Tafeln.)
8. Bütschli, O., Protozoa. (Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreiches. Bd. I. Abteil. II. Mastigophora. 1883—1885. [Zusammenfassendes Werk.])
9. Fisch, F., Untersuchungen über einige Flagellaten. (Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie. 1885. Bd. XLII.)
10. Fischer, A., Über die Geißeln einiger Flagellaten. (Jahrbücher f. wissenschaftl. Botanik. 1894. Bd. XXVI.)
11. Senn, G., Flagellaten. (Engler-Prantl., Die natürlichen Pflanzenfamilien. I. Teil, Abteil. 1a. Leipzig. 1900. — Zusammenfassend, mit vielen Literaturhinweisen.)

Über Dinoflagellaten, außer den Werken von Senn (11), Bütschli (8), Stein (2) und Ehrenberg (1) auch:

12. Schütt, F., Die Peridineen der Planktonexpedition. (Ergebnisse der Planktonexpedition. [Prachtwerk mit vielen Tafeln.])
13. Entz, G. jun., A Peridineák szervezetéröl. (Allattani Közlemények. VI. Bd. 1907.) [Über den Organismus der Peridineen. Ungarisch in: Zoolog. Mitteil.]

Die Spaltpilze.

Nirgends auf Erden vielleicht wiederholt sich ein so erschütternder Kontrast wie der, den man erlebt, wenn man die vornehme Freitreppe hinangeht, die, eingerahmt von einer bezaubernden Vegetation, zum Kapitol in Rom führt. Um die Zäsarenstatue, die noch immer den Platz beherrscht, breitet sich der Glanz der höchsten Palastkunst und einer Vornehmheit, die nur die Erben von Jahrtausenden aufbieten können — und hundert Schritte weiter, wo man die schmutzige Treppe zum Forum romanum hinabsteigt, liegt melancholisch bis in die rötlich verdämmernde Ferne der Schutt dieser Jahrtausende, auf dem die ganze glänzende Gegenwart baut und an dem sie heimlich krankt. Man geht von dort in die übelsten Winkel des neuen Rom, ob man sich nun zur Ponte Rotto durchschlägt, deren abgebrochener Brückenpfeiler wie ein Symbol der untergegangenen alten Welt sich der neuen trotzig in den Weg stellt, oder ob man die verwahrloste Via de' Cerchi entlang schlendert, wo in den Ruinen der Zäsarenpaläste Alteisenhändler schachern und ruinenhafte Hütten zwischen Riesenbogen wie in düsteren Höhlen stehen. Hier atmet alles Verwesung, hier führen die Wege zur Gräberstraße, hinaus in die Campagna, zur Pyramide des Cestius, zur Via Ostiense in das fieberschwangere Sumpfland. Und hier in diesen Vierteln geht heimlich, vom Reisehandbuch abgeleugnet, vom Fremden unbemerkt, aber an dem armen Volk zehrend, das da enger hauft wie ein Ameisenschwarm, die Malaria ein und aus, mit todbleichem Gesicht und glühenden Augen und matten Gliedern.

Von je war das so. Auch zur Zeit, als Rom das Herz der Welt war, kam das Fieber von der Campagna manchmal herein und saß stets an den glänzenden Straßen, die zum Seebade führten. Und als der Hafen Roms verödete, da wurde Ostia zum berüchtigten Malariaort und blieb es im Wandel der Jahrhunderte.

Von dem unsäglichen Jammer, den das bedeutet, ging eine Wissenschaft aus, vor der heute auch der Wissenschaftsfeind hochachtend den Hut zieht. Es ist die Bakteriologie. Geboren wurde sie in der Gegend von Ostia. Varro, der größte aller altrömischen Vielwisser, hat sie begründet, als er in seinen drei Büchern über die Landwirtschaft den merkwürdigen Satz schrieb von den winzigen Lebewesen, die das Auge nicht erkennen kann, und die, an Sumpforten wachsend, durch die Luft, den Mund und die Nase in den Körper gelangen und schwere Krankheiten hervorrufen. Von ihm ging der Spuk des Contagium vivum aus, die Angst vor einem unsichtbaren Leben in der Luft, das uns krank machen kann, und vor dem sich die Pestärzte schützen wollten, wenn sie ihre Vogelmasken aufsetzten, und das von der Kirche beschworen und verflucht wurde und doch nicht vom Menschen wich, bevor er nicht von seinem Verstand Gebrauch machte und seine Wissenschaft vom Leben schuf. Seltsame Irrwege ging die Wahrheit, bevor ihr zu Ehren Laboratorien gebaut wurden und die Gesellschaft sich entschloß, einen ohnedies nur winzigen Bruchteil ihrer Güter nicht für Jenseitshoffnungen und Diesseitsunterhaltung, sondern für Förderung der Geisteskräfte und Naturerforschung zu verwenden. Ein fesselnd Buch ließe sich schreiben über diesen Weg von Nacht zum Licht, ein aufregender und phantastischer Roman über diese Jagd nach Erkenntnis, die begann, als man noch Allongeperrücken trug, und die heute erst wahren Eifer entfaltet, da sich das Wild nun flüchtig, manchmal für einen Augenblick erspähen läßt. . . . . .

Von diesem noch ungeschriebenen Buch kann ich nur ein paar Kapitelüberschriften und Schlußsätze hersetzen. Einiges von dem Mythus der Urzeugung, mit dem die Bakterienkunde solange untrennbar verflochten war, von dem geheimnisvollen Kochtopf des Engländers Needham, in dem aus gekochtem Fleischsaft Tiere entstanden, von den scharfsinnigen Experimenten, die der italienische Professor Spallanzani zur Widerlegung des Engländers anstellte, von dem reichen Forscherleben Pasteurs, der mit einem Sprung aus Munkeln und Phantasieren eine Wissenschaft schuf, und von dem neuen Rückfall in die alten Urzeugungslehren, der uns heute nach einem neuen Pasteur ausblicken läßt.

Needham hatte im 18. Jahrhundert gefunden, daß sich auch in einer fest verschlossenen Flasche massenhaft krabbelnde, mikroskopisch kleine Wesen einstellen, wenn sie gekochten und wohlverwahrten Fleischsaft enthält. Daraus leitete man die Hypothese ab, das Leben entstehe durch unmittelbaren Übergang aus unbelebten Stoffen. Und diese Urzeugungslehre blieb lebendig, trotzdem man zeigte, daß die angeblich frei entstandenen Wesen aus dem Staube der Luft stammten und nur enzystiert gewesene Infusorien und Pflanzensporen seien, trotzdem Schröder und Dusch nachwiesen, daß schon ein einfacher Wattepfropf genüge, um diese Infektion aus dem Staub abzuhalten, trotzdem nach zahlreichen Vorgängern Pasteur mit den mühevollsten Versuchen unwiderleglich bewies, daß nichts Lebendiges entsteht, wenn ein Wasser wirklich keimfrei gemacht und keimfrei erhalten wird. Durch diese höchst scharfsinnig variierten Untersuchungen wurde aber ein anderer großer Nutzen erzielt: es wurde die Methodik der Bakteriologie, die einfachste Technik des Sterilisierens gefunden und den Forschern jene äußerste Vorsicht, Reinlichkeit und Sorgfalt angewöhnt, ohne die man sich heute bakteriologische Arbeiten nicht mehr denken kann. Es sind im Laufe der Jahrzehnte immer wieder Behauptungen hervorgetreten (z. B. von Béchamp, Wigand, Hallier), daß ein Übergang und Zerfall toter Zellen in lebendige Bakterien, ein Zusammenhang zwischen diesen und Algen, sowie Schimmelpilzen da sei — aber man hat bisher stets, wenn man diese Angaben mit besseren Methoden nachprüfte, gefunden, daß sich von außen eingedrungene fremde Keime eingeschlichen hatten und jene Beobachter narrten. Die Luft, die wir atmen, ist so erfüllt von tausend und abertausend Keimen niederster Lebewesen, es fliegen darin so viel Pilzsporen, Algen- und Infusorienzysten, Eier von niederen Tieren und eingekapselte Infusorien, daß kein Tropfen Wasser auch nur eine Minute der Luft ausgesetzt sein kann, ohne „infiziert" zu werden. Deshalb führt der Bakteriologe mit hundert Desinfektions- und Isolierungsmitteln, mit „Feuer und Sublimat" einen steten Kampf gegen seine unsichtbaren Störenfriede, und kein Einsichtiger wird ihm angesichts solcher Schwierigkeiten Irrtümer allzuschwer anrechnen.

Diese gewisse Unsicherheit der Forschung auf diesem Gebiete ist es auch, welche die Urzeugungsfrage nicht zur Ruhe kommen läßt. Gerade der Tag, an dem ich dies schreibe, bringt mir im Büchereinlauf ein Werk, das neuerdings die Entstehung der Bakterien aus unbelebten Stoffen mit großem wissenschaftlichen Apparat verficht. Es ist das die Schrift über den „Chtonoblasten"* von Dr. Max Münden. Es wird

* Bedeutet Erdbildner und wird von Dr. Münden zusammenfassend als Ausdruck für die Urbestandteile der Zellen gebraucht.

darin nicht weniger behauptet, als daß Metalle und Minerale stets in den Formen erscheinen, welche der Bakteriologe als Kokken, Stäbchen und Fäden bezeichnet, daß sie wachsen können, was sich dem Auge gewöhnlich als Fällung und Kristallisation kundgibt, während sich wieder lebende Bakterien zu Kristallen umwandeln können.

Wie unsicher muß also eine Wissenschaft sein, in der noch heute solche, das oberste zu unterst kehrende Betrachtungen auftauchen und sich als „Beobachtungsresultate" geben können! Es ist nun freilich eine logische Folgerung angesichts der allgemeinen Naturgesetzlichkeit und der ebenso unleugbaren allgemeinen Entwicklung, doch — den Resultaten Pasteurs widersprechend — anzunehmen, daß irgendwo und irgendwann Unleben in Lebendiges übergegangen sei, wenn auch Kant dies in seiner Kritik der Urteilskraft für vernunftwidrig hält. Wenn man über diese Frage in dem Schrifttum der neueren Lebenswissenschaft Umschau hält, findet man, daß fast jeder bedeutende Theoretiker unserer Wissenschaft dazu Stellung genommen hat und zwar überwiegend in dem Sinne, den auch wir vertreten. Die Erde, als das schöpferische Wesen, das uns hervorgebracht hat, hat mit dem ihr innewohnenden Entwicklungstrieb zweifellos auch die ersten und einfachsten Lebewesen entstehen lassen. Diese Überzeugung legt es der Forschung nahe, im Anorganischen nach gewissen Übergängen und „Halblebens"-Anzeichen zu suchen, und es läßt sich nicht leugnen, daß mit dem Fortschreiten der Erkenntnis solche auch wirklich in steigender Zahl gefunden werden. Wenn der Mineraloge O. Lehmann flüssige Kristalle herstellt, die sich schlängelnd bewegen und durch Teilung vermehren, wenn Przibram und mit ihm im Einklang die Mineralogen an abgebrochenen Kristallen Regenerationserscheinungen aufdecken, die ganz so verlaufen, wie die Regenerationen von Pflanzen und Tieren, wenn sich an Metallen gewisse Ermüdungserscheinungen wahrnehmen lassen (z. B. daß die elektrische Leitungsfähigkeit von Kupferdraht bei zu starker Inanspruchnahme nachläßt), die durch Ruhe wieder aufgehoben werden, wenn der Chemiker P. N. Raikow in der Chemikerzeitung vom Jahre 1902 berichten kann, daß Jod und Chlorkalzium und andere Stoffe in Lösung sich heliotropisch verhalten, d. h. sich an der besser belichteten Seite des Gefäßes absetzen und bei Drehung des Glases sogar noch nach der Ablagerung auf die andere Seite wandern — so sind das alles gewichtige Anzeichen dafür, daß das Leben sich langsam aus dem Unorganischen herausentwickelt hat und seine Vorstufen in Mineralien und Kristallen findet. Insofern hat Münden schon von vornherein das Argument der Wahrscheinlichkeit für sich.

Wenn nun unvoreingenommene Erwägung sich mit dem Gedanken einer Generatio aequivoca befreunden muß, auch ohne daß direkte Beweise hierfür heute schon vorliegen,* so darf man sich die Sache bei weitem noch nicht derart denken, daß eines Tags Eiweißkristalle einfach davongeschwommen seien und von dem ersten Mikroskopiker, dem sie

* In einer soeben erschienenen Schrift (M. Kuckuck, Die Lösung des Problems der Urzeugung. Leipzig. 1907.) beruft sich übrigens ein russischer Arzt auf Experimente, die es ihm sicher machten, daß die Organisation (also die Belebung) von toten Eiweißkörpern, Kohlenhydraten und anorganischen Stoffen in der Natur durch Baryumionen vor sich geht und im Laboratorium durch Jonisation einer Gelatinenährlösung mittels Chlorbaryums nachgemacht werden kann, wobei die durch Baryumsalze erzeugten Zellen Bewegung, Wachstum, Fortpflanzung und Ernährung zeigen. Wie weit diese Behauptungen stimmen, muß natürlich erst die Zukunft erweisen.

unters Objektiv gerieten, als Bakterien in sein System eingefangen wurden. Die wahren Urwesen können schon längst ausgestorben sein, so wie heute zwischen Einzellern und Vielzellern eine weite Lücke klafft, die nur schlecht mit den seltsamen Dicyemiden (das sind wenigzellige Tierchen) ausgefüllt wird, oder aber sie können so klein sein, daß sie sich unseren Instrumenten noch entziehen. Es gibt nämlich wirklich solche Wesen, die man nur in ihren Wirkungen kennt, aber noch nicht gesehen hat, bezüglich derer man sich also noch immer mit dem mysteriösen Begriff eines Contagium vivum oder eines Fluidums behilft.

Ein solches Wesen ist die Ursache der eigentümlichen Erkrankung der Tabakpflanzen, die seit Jahren unseren Landwirten nicht geringe Sorgen bereitet. An den gesunden, kräftigen Tabakpflanzen treten unter sonst ganz normalen Umständen mosaikartig weiße oder crêmefarbene oder braune Flecken auf. Die Blätter werden durchlöchert, die ganze Pflanze beginnt zu kränkeln und vereitelt, zerfetzt und vergilbt, die Absichten ihres Züchters. Die wahre Ursache dieser Mosaikkrankheit ist zweifelsohne ein eingedrungener Parasit. Soviel ist mir in dem Sommer, den ich auf ihr Studium verwandte, sicher geworden. Die Krankheit ist infektiös, sie kann verschleppt werden; der Samen kranker Pflanzen vererbt sie auf die Nachkommen. Darüber sind wir alle, die sich damit beschäftigten, einig. Aber keinem von uns gelang es, den Erreger des Unheils zu finden. Durch die feinsten Filter geht er durch, kein Mikroskop erspäht ihn, keine Reinkultur läßt sich von ihm gewinnen. Und wenn es auch unerhört ist, in der modernen Wissenschaft mit so mystischen Begriffen zu arbeiten, so mußten wir es doch erleben und dulden, daß ein höchst angesehener Bakterienforscher, der Holländer M. Beyerinck, die Ursache der Mosaikfleckenkrankheit des Tabaks in einem „Contagium vivum fluidum“ sucht .... Das ist natürlich nur ein Provisorium, aber es ist eine Wegmarke, in welche Unergründlichkeit das Problem der Urzeugung hinabtaucht, und daß wir bereit sein müssen, an die Möglichkeit zu glauben, daß sich die Übergänge zwischen toter und lebender Materie in einem noch unentdeckten Reich der Zwischenwesen verbergen — oder mit diesem ausgestorben sind.

Wir stehen damit am Rande des großen Geheimnisvollen, zu dem die Naturwissenschaft immer hinleitet, weil es ja gerade ihre Aufgabe ist, dieses Dunkel, in dem Aberglaube und Dogmen leben, aufzuhellen. Daher muß man ihren Wert nicht daran messen, was sie noch nicht leisten kann, sondern daran, was sie bereits vollbracht hat. Gerade die Bakteriologie wohnt heute auf Gebieten, die noch vor wenigen Menschenaltern tief im Düster der metaphysischen Vermutungen begraben waren, sie gibt heute logische Erklärungen und arbeitet mit Wirklichkeiten, wo noch unsere Großeltern stumm das Walten unbegreiflicher göttlicher Mächte verehrten. Sie hat gar manchen der „geheimnisvollen Helfer“ entthront, in denen der Mensch einst den „Finger Gottes“ sah und von deren Rätselhaftigkeit die alte Teleologie der Theologen ihr Dasein fristete. Die menschliche Kultur sah sich eben zu reich beschenkt durch unerklärliche Gaben der Natur. Sie brauchte, um leben zu können, das Eisen nötiger, als wir das Brot, und siehe da, auf dürrer Heide, viele Länder weit von Erzadern, lagerten unermeßliche Eisenstätten als Raseneraz und Raseneisenstein im niederdeutschen Boden! Der Ackerboden macht jedes Jahr eine wunderbare Verwandlung durch; durch Ruhe wird er reicher und enthält, wie von Wichtelmännchen zubereitet, stets das, was unser Korn

braucht, um zu gedeihen. Wer in vergangenen Jahrhunderten über solches nachdachte, sagte fromm: es ist ein Geschenk Gottes, der uns Menschen belohnt, weil wir seinen Geboten folgen. Und wenn in Kriegsläuften Seuchen hereinbrachen, die Pocken niemals von den Städten wichen, Pest und Ruhr als „großes Sterben" fast nie erloschen, so war es dem frommen Geschlechte der Naturunkundigen eine Geißel Gottes und Strafe für Unglauben. So war es im ganzen Leben sichtbar, daß eine Weltregierung mit tausend Teleologien eingreift und das Getriebe erhält. Indem nun die Theologie sich dieses Glaubens ausgiebig bemächtigte, setzte sie die noch heute in den Köpfen nachwirkende Meinung fest, daß der Begriff der Teleologie von denen der Theologie überhaupt untrennbar sei, ein Vorurteil, das gegenwärtig der Hemmschuh für das rasche Durchdringen der neuen Beseelungslehre ist. Da war es nun gerade die Bakteriologie, die gar wacker mithalf, diesen von der Theologie ausgeheckten, in Wirklichkeit nicht vorhandenen Teleologien den Garaus zu machen und damit zu dem einzig berechtigten Begriff der Teleologie hinzuführen, der darauf beruht, daß alle lebenden Wesen ihr eigenes Wohl fördern wollen und daher nach Maßgabe ihrer seelischen Kräfte zwecktätige Handlungen ausführen. Dadurch wird ja allerdings das Unbegreifliche dieser Zwecktätigkeit nicht aus der Welt geschafft, aber in das Herz und Wesen der Natur, nicht aber außerhalb ihr gestellt, so daß der neue Weltbegriff lautet: Die Natur ist nicht die Schöpfung oder gar der Feind Gottes, sondern die Natur ist selbst göttlich.

Die Bakteriologie hat nämlich gezeigt, daß das Rasenerz in vorzeitlichen Sümpfen durch Eisenbakterien ausgeschieden wurde, daß die Fruchtbarkeit des Bodens und die Göttergabe der Ernten nicht von einem überweltlichen Wesen, sondern von den Bodenbakterien abhängt, daß der ganze wunderbare Kreislauf der Lebendigen nicht durch Engel und Dämonen, sondern durch Bakterien bewirkt wird, und daß nicht die Befolgung der von den Theologen erlassenen Gebote, sondern der von den Naturforschern erkannten natürlichen Lebensgesetze die Ernten sichert und vor Seuchen nach Möglichkeit bewahrt.

Das sind keine kleinen Dinge, sondern in alle Wurzeln des Menschenlebens langende Weltweisheiten — und so ist es mir vielleicht gelungen, die Naturgeschichte der Bakterien einzuleiten mit dem, was man zu ihrem vollen Verständnis braucht: mit dem Gefühl eines tiefen Ernstes und gespannten Interesses, angesichts ihrer weltumfassenden Bedeutung. . . . .

Diese Bedeutung hat zur Folge gehabt, daß man die Bakterien besser kennt, als alle anderen Mikroorganismen. Doch zugleich den Nachteil, daß man sie einseitig, mehr nach der Seite ihrer Physiologie und praktischen Wirksamkeit studierte. Und so kommt es, daß die Kenntnis ihres Baues, das, was der Fachmann ihre Morphologie nennt, recht betrübliche Lücken aufweist. Nicht einmal das ist über allen Zweifel erhaben, welche „morphologische Wertigkeit" ihnen zukommt, mit anderen Worten, ob sie einer Zelle oder nur dem Teil einer Zelle entsprechen. Sie sind teilweise so klein, vor allem aber sind sie so überaus einfach gebaut, daß den Naturforschern schon des öfteren Zweifel kamen, ob sie denn mit Recht als Zellen aufzufassen seien. So hat z. B. der Zoologe Altmann sehr energisch die Ansicht vertreten, die Zellen der Tiere und Pflanzen seien nur „Bakterienrasen", d. h. Kolonien von Bakterien, und sein Schüler Münden verficht diese Ansicht

auch noch heute. In seinem bereits vorhin genannten Werke führt er uns die Bakterien als die wahren Elementarorganismen, als die „Zellbildner" vor, schildert, wie man den Übergang von Bakterien zu Amöben und grünen Algenzellen beobachten könne, wie aus Typhusbazillen Geißelzellen hervorgehen, kurz, Dinge, die wohl alle gelehrten Schulen als unmöglich und unsinnig verwerfen werden. Nun wäre es töricht, von vornherein über etwas Ungewohntes abzuurteilen, dagegen höchst angebracht, sich zu erinnern, daß es keine wissenschaftliche Erkenntnis gibt, von der nicht zuerst ihre Unmöglichkeit bewiesen worden wäre. Aber man muß sich wohl des Urteils enthalten, bevor nicht die Münden schen Angaben gründlich nachgeprüft sind. Inzwischen aber wird es gut sein, sich der Myxobakterien zu entsinnen, die köpfchenschimmelartige Kolonien aufführen, wie ich dies in Bd. II, S. 55 (Bild auf S. 54) des näheren beschrieben habe — wodurch das Problem, ob die Bakterien nicht wirklich Zellbildner sind, immerhin an Ernst und Diskussionsfähigkeit wesentlich gewinnt. Um so mehr, da sich ja langsam, aber sicher die Meinung einnistet, daß die Zelle viel zu kompliziert sei, um der wirkliche Elementarorganismus zu sein.

So wenig Sicheres wir über die „Wertigkeit" der Spaltpilze wissen, so wenig läßt sich auch darüber sagen, was bei ihnen als Gattung und Art zu gelten habe. Daß sie Pilze sind, läßt sich schon leichter verteidigen, wenn man den Begriff der Pilze physiologisch faßt und alle noch nicht in Stamm und Blätter gegliederte, sondern nur ein einfaches Lager bildende Pflanzen (Lagerpflanzen, Thallophyten) darunter versteht, die sich durch Aufnahme vorgebildeter Nahrung, also entweder saprophytisch oder parasitisch erhalten. Nach solchen physiologischen Gesichtspunkten hat man auch in der Bakterien Vielheit eine gewisse Ordnung geschaffen, indem man Krankheiten erzeugende (pathogene), Farbstoff bildende (chromogene) und Zersetzungen hervorrufende (zymogene) Bakterien unterschied. Doch läuft dabei viel Willkür mit unter, da die Grenzen zwischen diesen Gruppen fließen. Deshalb hat man denn neuerdings lieber dadurch Ordnung in das Chaos zu bringen versucht, daß man Körperform, Vorhandensein und Verteilung der Geißeln und derlei rein äußerliche Merkmale zur Grundlage der Einteilung wählte.

Das ist natürlich ein sehr rohes Hilfsmittel, aber bei dem heutigen Stande der Kenntnisse immerhin das beste. Um einige dieser Bakteriensysteme hier anzuführen, will ich des Versuches von A. Fischer gedenken, der Bacillei, Bactrinei, Bactrillei, Bactridiei usw. unterscheidet, je nachdem die Zellen beweglich oder unbeweglich sind, je nachdem die beweglichen Einzelgeißeln, Geißelbüschel oder am ganzen Körper verteilte Geißeln besitzen. Nachdem man nun heute durch ein Verfahren, das der Bakteriologe die Löfflersche Geißelbeize nennt, mit Leichtigkeit die am lebenden Spaltpilz fast ganz unsichtbaren Geißeln nachweisen kann, wäre diese Einteilung nicht unzweckmäßig. Doch man will nichts von ihr wissen, da sich in der Praxis schon lange ein anderes System eingeführt hat, das von einem verdienstvollen Erforscher der Spaltpilze, von W. Migula, ausgebaut wurde und fünf Familien (Coccaceen, Bakteriaceen, Spirillaceen, Chlamydobacteriaceen und Beggiatoaceen) unterscheidet. Hierbei werden die kugelförmigen Zellen der ersten Familie zugewiesen, die stäbchenförmigen der zweiten, die gekrümmten der dritten, die von einer Scheide umschlossenen der vierten und die zu Fäden vereinigten der fünften.

Nach diesem Prinzip der 5 Töpfe hat man auch die Gattungen unterschieden und nennt Kugelzellen (Coccen) die runden Bakterien, dagegen sagt man zu denen, die zu zwei und zwei zusammenliegen: Diplococcus, zu vieren: Tetracoccus, die wie eine Weintraube in Häufchen gruppiert sind: Staphylococcus, die perlschnurartig in Ketten liegen: Streptococcus, die sich in einschichtige Täfelchen anordnen: Merismopoedia, die sich in allen 3 Richtungen des Raumes teilen und warenballenartig eingeschnürte Pakete bilden: Sarcina, die gallertartige Massen erzeugen: Zoogloea. Kurze Stäbchen werden als Bacterium vom langen Bacillus unterschieden, ein einfach gekrümmtes Stäbchen als Vibrio vom schraubenzieherartigen Spirillum und Spirochaete. Dies erscheint höchst einfach — hat aber doch näher besehen seine großen Unzukömmlichkeiten. Erstens sind die Grenzen zwischen Bacterium und Bacillus, Spirillum und Spirochaete kaum zu ziehen, zweitens hat sich ergeben, daß ein und derselbe Organismus verschiedene Wuchsformen annehmen kann. So wird aus mancher Sarcina auf festem Nährboden ein Diplococcus oder Tetracoccus, oder die alte Gattung Zoogloea erscheint als Wuchsform bei den verschiedensten Coccaceen und wurde daher gestrichen. Es sind dies Anzeichen, daß der Begriff der Gattung, wie wir ihn bei den höheren Lebewesen mit ihrer mathematisch geregelten Vererbung von zahllosen Merkmalen leicht fassen konnten und festhalten können, im Kreise der niedersten Lebensformen versagt. Da die morphologischen Merkmale offenbar zu ihrer praktischen Unterscheidung nicht ausreichen, hat man zu allerlei Auskunftsmitteln gegriffen und das physiologische Verhalten, die Wuchsform in Kulturen ebenfalls herangezogen. In dem Bestreben, dies auch in den Benennungen zum Ausdruck zu bringen, hat man Namenungeheuer geschaffen, wie etwa Bacillus fluorescens liquefaciens minutissimus. Damit ist man in der Bakteriologie zum vorlinnéischen Benennungschaos zurückgekehrt, verstrickt sich immer mehr in Schwerfälligkeiten und Unklarheit und harrt sehnsüchtig auf einen Linné der Spaltpilzkunde.

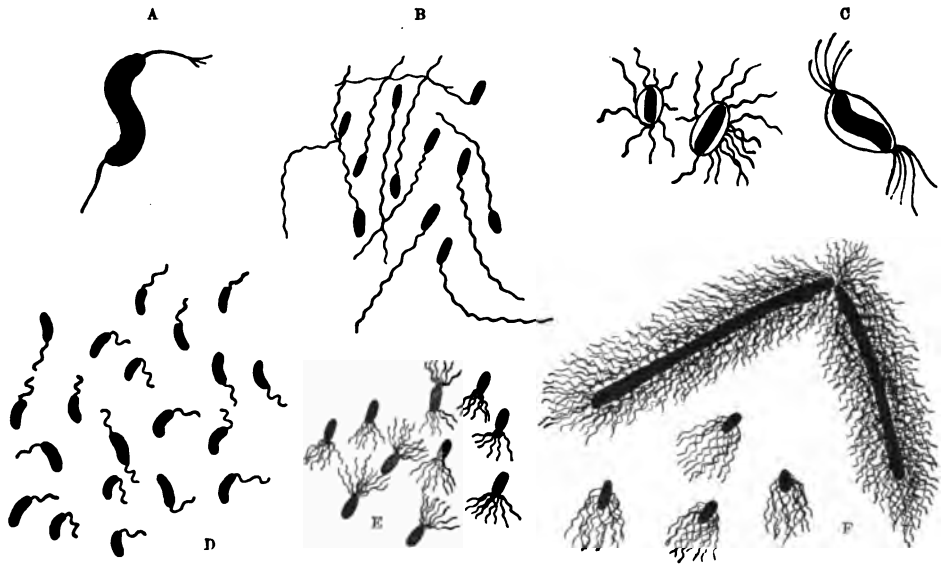
Der aber wird nicht erscheinen können, bevor man nicht tiefer in den Bau dieser kleinsten Lebensformen eingedrungen ist und dadurch Kenntnis von mehr Merkmalen erlangt hat. Damit ist es heute noch übel bestellt. Auf zwei Druckseiten läßt es sich erschöpfend behandeln, was man über den Bau der Bakterienzelle weiß — oder aufrichtiger gesagt: nicht bestimmt weiß. Vor allem weiß man nichts Gewisses über den inneren Bau der Bakterienzelle. Man weiß nicht, ob sie einen Zellkern besitzen. Der einen Meinung (Bütschli), daß sie überhaupt nur Zellkern sind, steht die andere gegenüber, die ihnen den Kern abspricht. Bei besonders üppig vegetierenden Bakterien treten winzige Körnchen auf, die sich Färbungsmitteln gegenüber so verhalten, wie die Hauptmasse der Zellkerne, das Nuclein, die man also für Kernrudimente halten kann. Außer dieser Streitfrage weiß man sonst nur wenig über den Bau der Spaltpilze zu sagen. Sie haben eine Haut, die manchmal aus Kohlehydraten, manchmal aus Plasma zu bestehen scheint. Sie besitzen hier und da Vakuolen, ihr Plasma ist wabig gebaut (vgl. darüber Bd. II, S. 42 und die dazu gehörige Tafel); dieses Plasma streckt Geißeln aus und scheidet Gallerte und Farbstoff oft in verhältnismäßig außerordentlicher Menge ab. Da man nun immer wieder einen Zusammenhang zwischen diesen Dingen und den Lebensbedingungen findet, z. B. Gallertbildungen mancher Streptokokken nur in zuckerhaltigen Flüssigkeiten, Farbstoffbildung nur auf bestimmten Nährböden, so wird es

gut sein, sich zu merken, daß die Form dieser Wesen nur „Lebensform", nur Reaktion auf die Lebensbedingungen ist und nicht, wie bei den höheren Lebewesen, eine Summe von Anpassung und durch Vererbung festgehaltenen phylogenetischen Merkmalen, die heute schon der Teleologie entrückt sind. Das spricht dafür, in den Bakterien wahre Urwesen, den wirklichen Elementarorganismus zu sehen, und insofern kann man im Grunde den bereits angezogenen Anschauungen Altmanns beipflichten.

Von einigen Einzelheiten des inneren Baues will man wohl mehr erfahren. Namentlich die Farbstoffe und die Geißeln heischen noch Erörterung. Mit den Farbstoffen der Bazillen hat die Menschheit bereits Bekanntschaft gemacht, lange bevor sie um die Existenz von Bakterien wußte, denn die religiösen Vorstellungen hatten sich ihrer schon vor Jahrhunderten bemächtigt. Die Heiligenliteratur des Christentums kennt viele Dutzend Fälle, in denen besonders Begnadete der „Wunden Christi" teilhaftig wurden. Der Kulturgeschichtsforscher weiß, daß es jahrhundertelang in Europa sogar ein höchst lohnender Industriezweig war, solche Stigmatisationen zur Schau zu stellen. Der Religionshistoriker gibt zu dem prächtigen Gemälde Raffaels im Vatikan, das die Kenner als die „Messe von Bolsena" bezeichnen, die Erläuterung, daß die Darstellung dieser feierlichen Zeremonie die Erinnerung an das „Wunder" verewigen soll, das sich im Jahre 1326 zu Bolsena zugetragen hat. Dort wurde ein abtrünniger Priester seinem Berufe wiedergewonnen, da sich in der Messe die Hostie mit Blutflecken bedeckt haben soll. Der Bakteriologe fügt zu allen diesen seltsamen Dingen hinzu, daß ihm ein Micrococcus (oder Bacillus) prodigiosus bekannt sei, der im Luftstaub, im Wasser von Waldbächen zur Herbstzeit ziemlich gemein ist, den man leicht einfangen kann und der nicht nur das höchst widerlich riechende Trimetylamin, den Geruchsstoff der Heringslake, abscheidet, sondern bei kühler Temperatur auch einen blutroten Farbstoff. Auf den feuchten Hostien der Sakristeien hat man diesen Bazillus wiederholt gefunden, was nicht wundernehmen kann, da der Pilz feuchte, dumpfige Orte besonders liebt — aber Prof. Migula hat auch die kulturgeschichtlich sehr belehrende Entdeckung gemacht, daß auf einem ihm übersandten Leinwandlappen, mit dem man die „blutenden Stigmata" eines solchen wunderlichen Heiligen abwischte, eine förmliche Reinkultur des Hostienpilzes wucherte. Als Kind unserer bösen Neuzeit versuchte er am eigenen Körper, ob sich der Bazillus als „Pseudowundmal" leicht kultivieren läßt — und es gelang. Die Heiligengeschichte kennt auch blutschwitzende Wundertäter — die Bakteriologie kennt den Micrococcus haematodes, der sich bei unreinlichen Menschen am liebsten in den Achselhöhlen und an sonst stets feuchten Körperteilen ansiedelt und roten Farbstoff ablagert.

In allen diesen Fällen ist der ausgeschiedene Farbstoff ein sogen. Lipochrom, eine organische Substanz, über die weniger Abhandlungen existieren als über Stigmatisationen, weshalb man nicht viel mehr über sie weiß, als daß sie stark an Anilinfarbstoffe erinnert. Außer der Rotfärbung gibt es noch eine ganze Palette von Bakterienfarben. Micrococcus violaceus bemalt seinen Nährboden schön violett, eine andere Micrococcus-Art braun, M. luteus gelb, M. cinnabarinus zinnoberrot, M. cyaneus tiefblau, Bacillus fluorescens liquefaciens und Pseudomonas macroselmis lassen ihre Nährflüssigkeit prachtvoll irisieren und grün flimmern, wie eine Eosinlösung im auffallenden Licht und dgl. mehr.

Zu merken ist dabei eine biologische Eigentümlichkeit, die weitgehende Schlüsse zu ziehen gestattet, daher für uns von Wichtigkeit ist. Der Hostienpilz sondert seinen Farbstoff nicht unter allen Umständen ab, sondern — wie Prof. Schottelius zuerst zeigte — nur bei einer Temperatur unter 37 ° C. Wenn die Temperatur höher steigt, sind seine Kolonien farblos, werden aber sofort wieder rot, wenn er in der ihm besser zusagenden Temperatur fortwuchern kann. Das gleiche tritt manchmal ein, wenn man den Bazillus auf Agar-Agar überträgt.* Der Pilz pflanzt sich dann mehrere Generationen hindurch fort, ohne seine neuerworbene Eigenschaft aufzugeben, und darin muß man einen Beweis für die Vererbung erworbener Eigenschaften sehen, der wohl nicht angefochten werden kann.



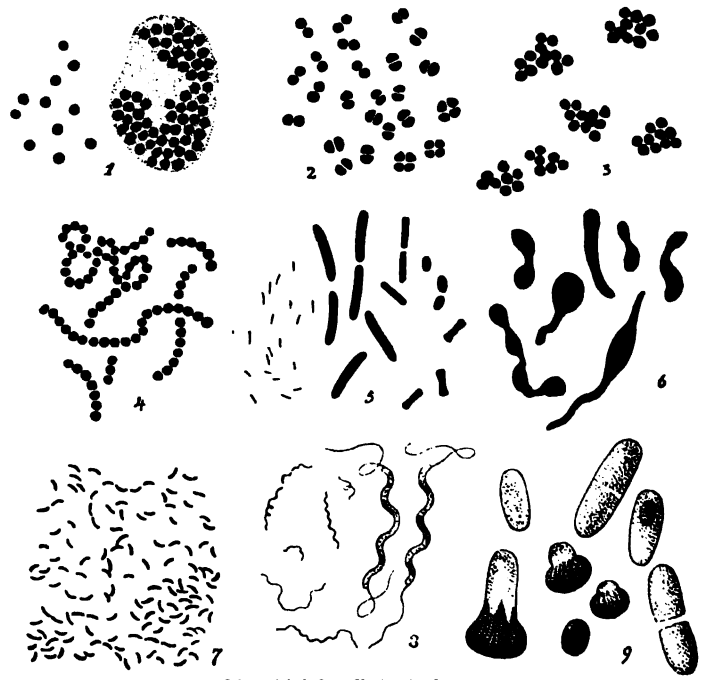
Geißeln der Bakterien, durch Löfflerbeize sichtbar gemacht.
A = Spirillum Undula Ehrb., deren Geißeln zu einem Strang verklebt sind. B = Pseudomonas macroselmis Mig. C = Bacillus subtilis Cohn und Spirillum Undula Ehrb., deren Membran sich mit den Geißeln abhebt. D = Cholerabazillen (Microspira Comma [Koch] Schröt.) E = P. syncyanea (Ehr.) Mig. F = Bacillus vulgaris (Haus.) Mig. (Nach Migula.)

Nicht unähnliche, biologisch wertvolle Erfahrungen machte man auch mit den Bewegungsorganen der Bakterien, die man falsch Cilien, also Wimpern nennt, während es doch in Wirklichkeit Geißeln (also Flagellen) sind.

Zahlreiche Bakterien wirbeln mit solcher Kraft und Anmut durch die Flüssigkeit, in der sie leben, daß das Ergötzen an einer durcheinanderwimmelnden Bakteriengesellschaft (etwa in einem Tropfen von einer faulenden Fleischinfusion) ganz unbeschreiblich ist. Namentlich wenn sich die eleganten Spirillen einstellen, die blitzschnell wie ein raschbewegter Korkzieher aufleuchtend, mit zitternder Hast ein paarmal einen Ansatz nehmen, oder wenn die flinken Vibrionen den Tropfen mit nervösem Gezappel und ruheloſem Gedränge erfüllen.

* Nach einer Mitteilung von Dr. Lottner, aus dem Leserkreise meines Werkes, soll dies nur selten der Fall sein; er sandte mir tatsächlich eine Reinkultur von B. prodigiosus auf Agar mit prachtvollster Karminfärbung.

Unter günstigen Umständen gelingt es zu erspähen, daß diese Beweglichkeit stets mit einem Rotieren um die eigene Achse verbunden ist — ohne daß jedoch auch die eigentlichen Bewegungsorgane zu erkennen sind. Dies ist nur dann möglich, wenn man die Zellen zuerst abtötet und dann mit Anilin oder anderen Farbstoffen beizt. Dies läßt sich im einfachsten Fall schon dadurch recht zufriedenstellend bewerkstelligen, wenn man einen Tropfen der bakterienhaltigen Flüssigkeit auf einem Deckgläschen ausbreitet, eintrocknen läßt, in einem Uhrschälchen mit dem Färbemittel übergießt und dann vorsichtig mit destilliertem Wasser nachspült. Durch dieses einfache Verfahren kann sich der Amateur die Geißeln oft sichtbar machen — die wissenschaftlich vervollkommnete Methode ist das freilich nicht. Wer über diese sogen. Löfflersche Geißelbeize Näheres erfahren will, der findet jede wünschenswerte Anleitung aus der Feder ihres Erfinders in Nr. 20 des VII. Bds. des „Zentralblattes für Bakteriologie und Parasitenkunde", welche Zeitschrift heute das vornehmlichste Organ zur Förderung der Spaltpilzkunde geworden ist.



Die wichtigsten Bakterienformen.
1 = Mikrokokken (rechts sogen. Zoogloea-Form). 2 = Diplokokken und Tetrakokken. 3 = Staphylokokken. 4 = Streptokokken. 5 = Bacterium- und Bacillus-Formen. 6 = Abgestorbene Bazillen, sogen. Involutions-Formen. 7 = Vibrionen. 8 = Spirillum- und Spirochaete-Formen. 9 = Teilung und Sporenbildung eines Bacillus. (Nach Schottelius.)

Da sieht man denn das, was ich auf dem vorstehenden Bilde kopieren ließ und was mich der weiteren Worte überhebt, da man ohnedies nicht mehr weiß, als man sieht. Höchstens das kann man noch hinzufügen, daß nicht alle Spaltpilze Geißeln besitzen, daß sie solche nicht zeitlebens an sich tragen, daß gewisse Schwärmerstadien zu existieren scheinen und daß man auf diesem Gebiete noch unendlich viel wird studieren müssen, bevor man sicher wissen kann, ob die Bakterien nicht bloße Monaden, also eigentlich Flagellaten sind.

In manchen Fällen läßt sich schon ein wenig Einblick gewinnen in die biologische Bedeutung der Geißeln. Von vornherein muß man sich sagen, daß es den Spaltpilzen sehr zustatten kommt, wenn sie einen Ort verlassen können, den sie schon gehörig ausgenützt haben. Im besonderen liegt mir eine Abhandlung der zwei Wiener Ärzte Hinterberger und Reitmann aus dem obgenannten „Zentralblatt" (1904) vor, in der nachgewiesen wird, daß Bacillus pyocyaneus auf Nähragar je nach dessen

Wassergehalt Geißeln oder merkwürdige Fadennetze nach Art von Wurzeln bildet oder bloß Bazillenkörper. Die Verfasser meinen sogar: „Dieser Mikroorganismus lebt auf dünnem Agar in Form eines mit selbständiger Eigenbewegung ausgestatteten Tieres, auf dickem Agar zumeist in Formen einer dem ernährenden Boden sich einwurzelnden und entsprießenden Pflanze.“ Was die Fadennetze sind, darüber haben wir noch kaum Vermutungen; die Polymorphie der von dem Bakterienkörper entsandten Organe beweist jedoch, daß auch im Kreise der Elementarwesen „Biologie“ getrieben werden kann und soll und zu schönen Entdeckungen führen wird.

Einiges aus dieser Biologie ist dem Spaltpilzforscher von heute bereits geläufig. Das sind die Fortpflanzungsverhältnisse und Schutzmittel, die besonders zu studieren ein unabweisbares Bedürfnis der Praxis war.

Die Fortpflanzungstätigkeit der Bakterien ist es, die ihnen die Vulgärbezeichnung Spaltpilze eingetragen hat. Durch einfache Zerspaltung des Körpers werden in unglaublich kurzer Zeit jene wuchernden Bakterienhäute auf der Oberfläche von Pfützen erzeugt, die wohl jeder kennt. Durch die fabelhafte Energie, die das Leben in diesen Pygmäen entfaltet, gelingt es ihnen, wie den Liliputanern des Gulliver, auch des kräftigsten Menschen Herr zu werden. In gemeinverständlichen Artikeln hat man dem „lieben Leser“ schon hundertmal vorgerechnet, daß, wenn ein Bazillus sich nur jede halbe Stunde einmal teilt, schon in 24 Stunden 280 Billionen daraus werden — wichtiger als solche Spielerei wäre es jedoch zu sagen, daß diese Theorie in der Wirklichkeit zuschanden wird, da die Verhältnisse den Bakterien nur unter besonderen Umständen und auch da nur für ganz kurze Zeit ungehemmte Betätigung ihrer Vermehrungskraft gestatten. Es sind vielmehr gewöhnlich so viele Hemmnisse dafür aufgerichtet, daß die überaus große Reproduktion eigentlich den Eindruck einer erzwungenen und höchst notwendigen Anpassung macht, um unter sotanen Umständen überhaupt das Dableiben zu sichern.

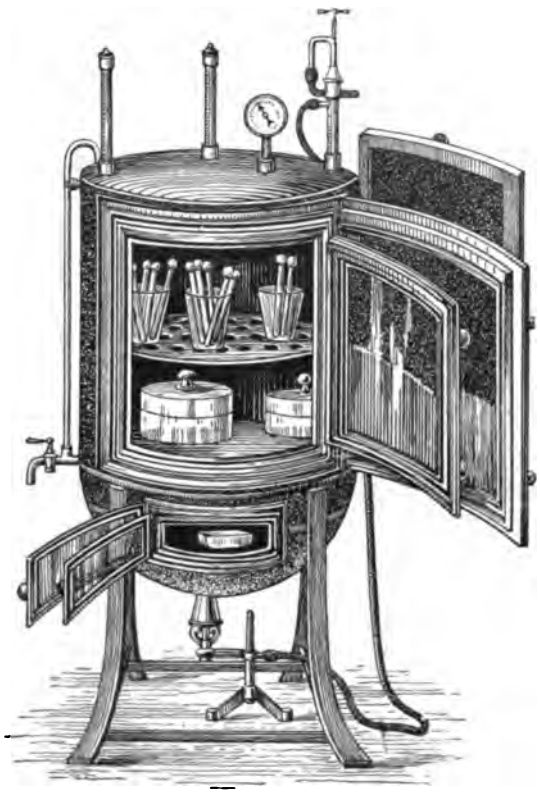
Aus gleicher Ursache hat die Spaltpilzwelt auch noch verschiedene Schutzeinrichtungen hervorgebracht, die es bezeugen, daß auch eine ideale Vervielfältigungsfähigkeit im schweren Kampfe des Lebens nicht immer genügt.

Den Arzt muß dieses Verhalten überaus interessieren, erschwert es ihm doch ganz besonders seinen Kampf gegen die Bazillen. Es ist für ihn auch zu fatal, daß diese Racker fast nicht umzubringen sind, indem sie, wenn ihr Nährboden der Erschöpfung entgegengeht, häufig zur Bildung von Endosporen oder Arthrosporen schreiten. Diese beiden sollen sich nur in der untergeordneten Einzelheit voneinander unterscheiden, daß die ersteren gewissermaßen im Bakterienkörper entstehen, während die letzteren einfach erstarrte Bakterienkörper zu sein scheinen (vgl. das Bild auf S. 113). Das ist eine wunderliche Sache, die das höchste Aufsehen erregen würde, wenn sie sich unter Menschen ereignete. Denn solche Dauerzustände sind gefeit gegen jahrelange Austrocknung, sie widerstehen sogar unter Umständen der Karbolsäure und dem Sublimat, diesen zwei Erzfeinden der Bazillen, ja sie vertragen manchmal stundenlanges Sieden.

Welch wunderbare Lebenszähigkeit ist das, der in der gesamten Natur sonst nichts gleichkommt! Von 100° Hitze bis zu 190° Kälte, also fast 300° Temperaturdifferenzen kann das Leben erdulden und triumphiert doch über den Tod! Wenn man sich das vergegenwärtigt, wundert man sich nimmer über die unbedingte Herrschaft, die das

Leben über die Erde gewonnen hat. Es ist eben das tüchtigste Material, das der Planet hervorgebracht hat, und darum war und ist ihm das Höchste beschieden.

Der Pflanzensystematiker weiß übrigens, wenn er von seinem Standpunkt aus auf die Fortpflanzung der Bakterien blickt, den schweren und schönen Gedanken, zu denen sie den Naturphilosophen verführen, eine recht schätzenswerte Sicherung mit auf den Weg zu geben. Denn er macht darauf aufmerksam, daß gewisse Fadenbakterien (Streptothrix, Crenothrix, Cladothrix), die in den Fabrikabwässern und städtischen Wasserleitungen oft genug sich unliebsam bemerkbar machen, durch ihre eigenartige Vermehrungsart eine Brücke schlagen zwischen Bakterien und Pilzen, womit sie die geheimnisvollen Urwesen wieder fest an den Pflanzenbegriff ketten. Diese feinen Fädchen sondern nämlich winzige Kügelchen von sich ab, für die sich der Name Konidien (oder Gonidien) eingebürgert hat, und die nichts anderes sind als ein freiwillig abgeworfener Körperteil, in dem potenziell die Fähigkeit zur Wiederherstellung des ganzen Körpers ruht. Diese Konidien sind manchmal beweglich und muten wie Schwärmsporen an; meist aber werden sie nur vom Wasser, in das sie geraten, dahingetrieben und keimen, indem sie zu einem neuen Faden auswachsen. Das ist eine echte Pilzeigenschaft und berechtigt den Naturforscher, aus den Bakterien die Pilze ebenso unbedenklich abzuleiten, wie man die Algen als höhergeartete Flagellaten auffassen muß.

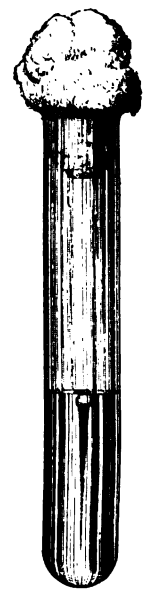


Brutschrank (Thermostat) zur Züchtung von Bakterien bei konstanten Temperaturen.

Auf der raschen und ausgiebigen Vermehrung der Spaltpilze hat nun die Wissenschaft unserer Tage auch die gebräuchliche Methode aufgebaut, deren sie sich zum näheren Studium solcher Kleinwesen bedient. Es wäre doch bei deren auffallender Gleichförmigkeit höchst mißlich, wenn man sich nur an das Gemenge der verschiedensten Formen halten müßte, wie es sich in jedem Präparat dem Beschauer darbietet. Denn die Bakterien sind ja über die ganze Erde verbreitet und überall zu treffen, wo es nur etwas Feuchtigkeit gibt. Jeder Lufthauch führt viele Formen erstarrt, lebend oder im Sporenzustande mit sich, jeder Flüssigkeitstropfen, sogar das destillierte Wasser ist oft reich daran; in kalten Klimaten fehlen sie nicht im Schnee, und in den Tropen sind sie wahrhaft zu Hause. Wie könnte man also die einzelnen Arten studieren, ohne fortwährenden

Verwechslungen ausgesetzt zu sein? Doch die Wissenschaft sah sich immer mehr dazu gedrängt, Sicheres über sie zu wissen, und durfte nicht ruhen, bis sie sich nicht zuverlässige Arbeitsmethoden geschaffen hatte. Hunderte von Gelehrten haben in mühevollster Arbeit diesen Sieg errungen, und wenn man heute mit Stolz sagt: Die moderne Bakteriologie ist das Werk von Ferd. Cohn, L. Pasteur, Robert Koch und Fried. Löffler, so hat man nur einige der glänzendsten Namen herausgegriffen, könnte aber diese ganze Seite vollschreiben mit Namen als Ehrendenkmal für die Männer, die mit ihrem bescheidenen und ernsten Wirken unendlich viel Heil über die Menschheit gebracht haben und noch bringen werden.

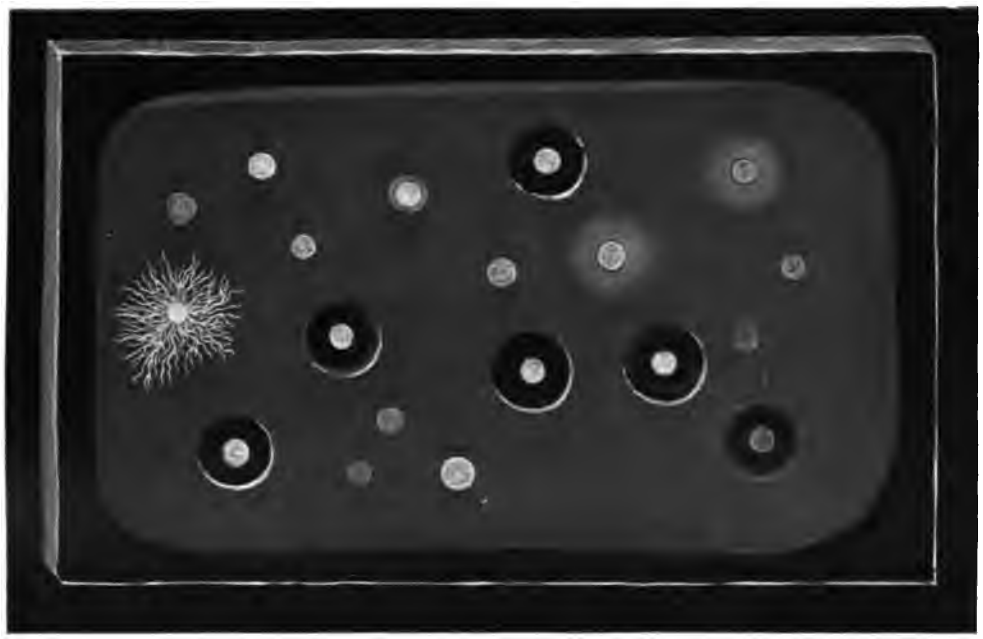
Wer schon jemals in einem zeitgemäß eingerichteten bakteriologischen Laboratorium war, weiß, daß es eine ganz absonderliche Hexenküche ist — durchaus nicht weniger malerisch als die alten Alchimistenhöhlen. Wie das alles blitzt und funkelt und glänzt von peinlichster Sauberkeit! Wie merkwürdig ist es, wenn der in den Medizinerkittel gekleidete Beherrscher dieser Welt die Herstellung der Nährböden, der Gelatine, des hier schon oft genannten Agar-Agar (das eigentlich die Gallerte asiatischer Sphaerococcus und Gelidium-Tange ist) erläutert; wenn man sieht, wie peinlich sie gekocht und sterilisiert werden im luftdichten Dampfkochtopf, den man wissenschaftlich Autoklav nennt; wenn dann die langen Batterien der Reagenzgläser aufmarschieren (Bild anbei), wenn man an den funkelnden Brutschrank geführt wird, wo die Kulturen hinter blitzenden Glasscheiben Tag und Nacht wachsen bei stets gleichbleibender Wärme, zu deren Regulierung die sinnreichsten Einrichtungen aufgeboten sind (Bild S. 115). Und welches Erstaunen, wenn man zum erstenmal eine der vielgefürchteten Bazillenkolonien sieht als harmlose, unappetitliche Flecken- oder Fadenbildung in der kristallklaren Gallerte, in der man solche Kolonien zu erziehen pflegt!

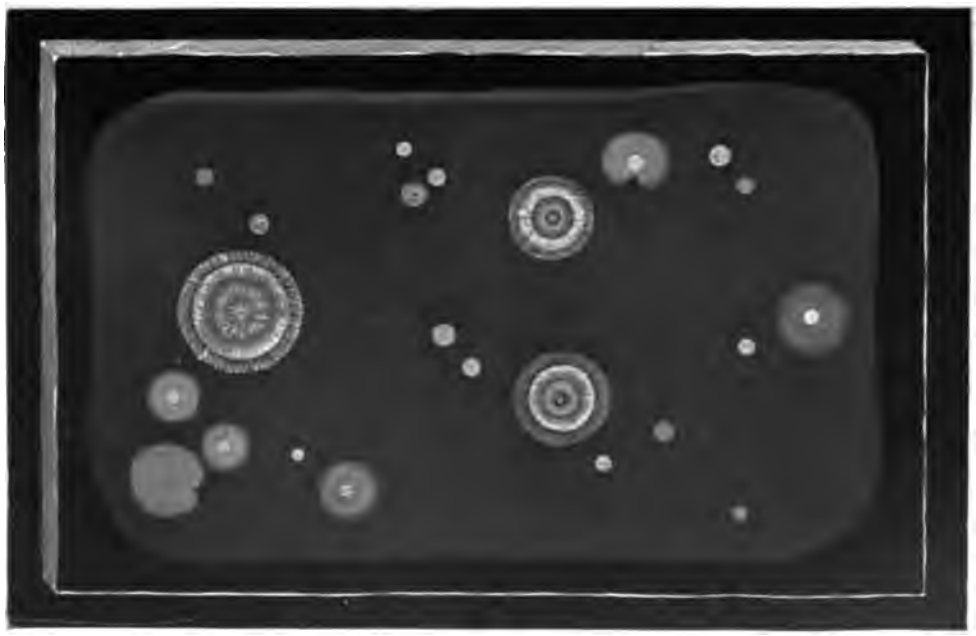


Stichkultur des Cholerabazillus auf Nährgelatine.

Die Züchtungsmethoden dieser kleinen Pflänzchen sind eine wahre Wissenschaft, die in ihren Anfängen auf Robert Koch zurückgeht, den Vielgeschmähten und Vielverkannten, der einst eine Welle der größten Begeisterung erregte mit seinem Tuberkulin, die freilich um so tiefer herabsank zur größten Enttäuschung — weil unser liebes Publikum nach echter Kinderart immer das Unmögliche verlangt.

Die Bakterienkunde konnte sich nicht über die ersten Anfänge erheben, solange sie nicht imstande war, die Lebensgeschichte der einzelnen Formen zu verfolgen. Dies wieder war nur möglich, wenn es gelang, die einzelnen Formen zu isolieren. In der Natur kommen stets viele Formen zusammen vor, und wenn man auch versuchen kann, den einzelnen Keim in seiner Vermehrung und seinem Verhalten unter dem Mikroskop zu verfolgen, das Schlußergebnis ist doch immer nur Zweifel und Verwirrung. Denn Verwechslungen sind zu leicht möglich. Die Geschichte der Bakteriologie vor Koch belegt das mit vielen Beispielen. Selbst so erleuchtete Köpfe wie Billroth oder der Botaniker Nägeli fanden damals keinen Ausweg aus dem Irrsal der Meinungen und halfen sich mit der Meinung, in der Kleinwelt der Mikroorganismen gebe es überhaupt keine festen Eigenschaften, noch „Arten“ als deren Träger.





KOSMOS
GESELLSCHAFT
DER NATURFREUNDE
STUTTGART

Bakterienkolonien auf Nährgelatineplatten gewachsen

in natürlicher Grösse. (Nach Schottelius.)

I. Bakterienkolonien aus Flusswasser gezogen.

II. Bakterienkolonien aus der Luft.

Und doch wurde dieser freiwillige Verzicht auf bessere Einsicht überwunden — durch das, was allein in allen Notfällen die Erkenntnis noch immer errettet hat aus den Irrwegen, in die sie sich spekulierend verrannte: nämlich durch Erfahrung und das Experiment. Koch ging davon aus, daß die aus der Luft angeflogenen Bakterien auf gekochtem Hühnereiweiß durch ihre rapide Vermehrung ganz eigentümliche, dem freien Auge wohl sichtbare „Wachstumsfiguren" annehmen. Es entwickeln sich bald meist weiße, gelbe oder graue, seltener schwarzblaue, grüne oder rote Scheiben, strahlige Figuren und sonderbare kristalloidartige Gebilde, ein wahrer Regenbogen wunderlicher Flöckchen, Haarbüschel, Wurzelknäuel — Formen, die sich als Bakterienmassen erweisen, oder richtiger als lockere Bakterienhorden, regellos und nicht organisiert und doch bestimmten Gesetzen unterworfen (vgl. die Farbentafel). Jede Bakterienart hat ihre bestimmte Wuchsform und „Kolonienfarbe". Als Koch seine Versuche mit Nährgelatineplatten wiederholte, war die Kunst begründet, wie man die einzelnen Bakterienformen isolieren und so, vor Täuschungen sicher, in ihres Lebens Eigenart erkennen kann.

Diese Nährgelatine herzustellen, ist die Sache einer besonderen Kochkunst, die nicht weniger Sorgfalt bedarf als die Küche eines Feinschmeckers. Man kocht Gelatine oder Agar mit Fleischbrühe und Eiweiß* und stellt ein zartes Aspik her, würdig, auf der Tafel eines Feinschmeckers als Leckerbissen zu prangen. Denn sie sind sehr wählerisch, unsere kleinen Feinde und Freunde, und man muß große Sorgfalt verwenden, damit die Nährgelatine nicht sauer sei, denn dann wollen sie nicht „anbeißen". Nicht minder wichtig ist die peinlichste Reinlichkeit in der Bakteriologenküche. Aber man hat es leicht in der Hand, durch Filtrieren und mehrmaliges Aufkochen seine Gelatine wirklich steril, d. h. keimfrei zu machen und durch einen Wattepfropf auf dem Reagenzgläschen oder durch sorgfältigen Verschluß eine Platte auch steril zu erhalten.

Nach solcher Vorbereitung kann man dann getrost auf die Bakterienjagd gehen, von deren Ergebnis auf beistehender Farbentafel zwei „Strecken" abgebildet sind. Die eine stammt aus Flußwasser, das stets reich an den verschiedensten Bakterien ist; die andere Gelatineplatte war der Luft ausgesetzt, in der nicht weniger Mikroben wimmeln. Was man darauf sieht, ist nichts anderes als die Nachkommenschaft von einzelnen Bakterien, die in den 20 Wassertropfen enthalten waren, beziehungsweise aus den Lüften, denen man die Nährgelatine aussetzte, auf die Platte niederfielen. Alles weitere an der modernen bakteriologischen Methodik ist dann leicht verständlich. Mit einer sterilisierten Platinnadel kann man den einzelnen Kolonien Material entnehmen und es in die Kölbchen einstechen oder auf deren erstarrter Gelatine aufstreichen (Strich- oder Stichkultur, s. das Bild S. 116). Durch solche Überimpfnug" erhält man in mehrmaliger Wiederholung „Reinkulturen", und an denen läßt sich fast jede Bakterienart mit Muße in ihrer Besonderheit studieren. — Erst diese so unendlich einfache** und doch scharfsinnige Methodik der Isolierung hat die Bakterienkunde auf ihren heutigen Stand gebracht. Man muß von ihr wissen, denn erst dann gewinnt man die Überzeugung, daß wir auf dem rechten Wege sind, und daß die Bakteriologie wirklich das Vertrauen verdient — das ihr gewisse Kreise unseres Volkes aus Unverstand noch immer vorenthalten.

* je nach der „Geschmacksrichtung" der zu züchtenden Bakterienart auch noch mit verschiedenen anderen Substanzen.

** Natürlich sind mit dem hier Gesagten nur ihre Grundzüge verständlich gemacht.

Wenn nun auch in allen Wissenschaften die richtigen Methoden das Allerwichtigste sind, so bedeuten sie doch nicht mehr als das geeignete Werkzeug, das ja schließlich in der Hand eines Stümpers auch noch kein Meisterwerk verbürgt. Die eine Schwierigkeit war überwunden, die andere begann. Es ist der Kampf um das Naturgeheimnis ein gar dramatisches Beginnen, das für die Beteiligten nicht weniger aufregungsvoll ist, wie die Fährnisse von Entdeckern in unbekannten Welten. Die Wahrheit ist stets von dräuenden Gefahren umgeben — deren ärgste freilich dort hausen, wo der Wahrheit Thron und Altar aufgerichtet sein sollte: im Menschenhirn.

Mit der Reinkulturmethode ist man tief in die Physiologie der Mikroben eingedrungen, weiß aber nicht, ob alles Gold ist, was in dieser Wissenschaft heute noch glänzt. Ich will hier einen Abriß davon geben, mit der Vorbemerkung, daß Umlernen nicht ausgeschlossen ist, und mit der Bitte, diese gewisse Unsicherheit nicht der Wissenschaft aufs Kerbholz zu schreiben, sondern der überaus großen Schwierigkeit, sich im Reiche des stets Schwankenden und fast Unsichtbaren zurechtzufinden.

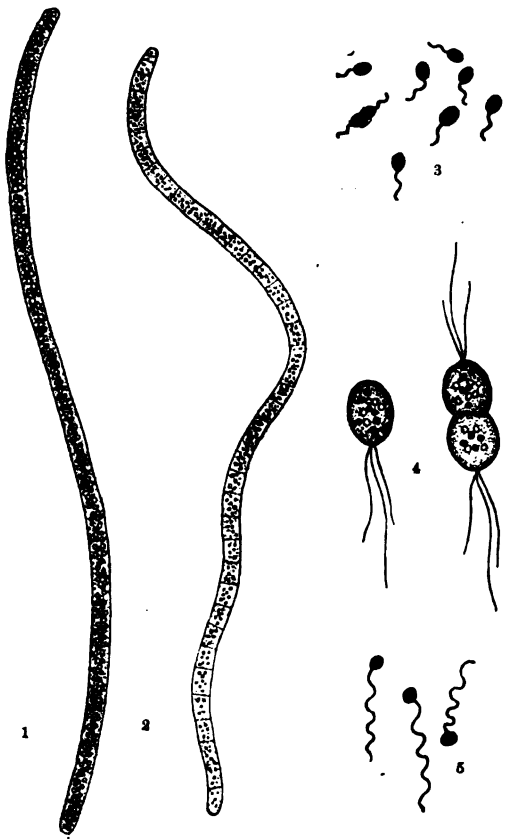
Man weiß heute, daß die Bakterien vollendete Chemiker sind, was vielleicht damit zusammenhängt, daß ihr Sinnesleben von unerhörter Feinheit ist. Die ganze Arbeit der Mikroben vollzieht sich in Form chemischer Stoffumlagerungen von solcher Kompliziertheit, daß wir ihnen nur teilweise folgen können. Sie spalten nicht nur sich selbst, sondern auch alles, was mit ihnen in Berührung kommt. Sie sind das zersetzende Element der lebenden Natur, womit allein schon ihre unendliche Wichtigkeit für den Kreislauf der Stoffe genügend gekennzeichnet ist. Wer ihre Bedeutung für die „Physiologie des Naturganzen" auf wenig Seiten, der Wirklichkeit entsprechend, dem Verständnis nahebringen kann, hat ein Meisterstück wissenschaftlicher Darstellung vollbracht — zu dem ich mich kaum fähig fühle.

Man wird ihre Tätigkeit nur dann verstehen, wenn man ihre physiologischen Kräfte genügend kennt. Man mußte also erforschen, womit sie sich nähren, ob und wie sie atmen, was sie abscheiden. Solche Probleme sind freilich einfacher gestellt, denn gelöst. Es kostete unendlich vielerlei und mühsame Versuche, bis man einsah, daß ihnen alle Möglichkeiten der Ernährung mit Ausnahme der animalischen zugänglich sind. Meisthin sind sie Saprophyten, leider nur zu oft Parasiten, und wir haben uns in neuerer Zeit auch damit befreundet, daß sie nicht nur Kohlensäure, sondern auch andere anorganische Substanzen (wie Eisen, Schwefel, Nitrogen, Salpetersäure) in ihren Stoffwechsel reißen und zu Lebensmaterie verarbeiten. Man mußte diesen Dingen nicht nur aus wissenschaftlichem Interesse volle Beachtung schenken, denn sie gehören zu den Fundamentalproblemen der Landwirtschaft und Technik.

Über die Bedeutung der Nitrifikation, wie man den praktisch wichtigsten dieser Assimilationsvorgänge nennt, findet der Leser schon alles Wichtige gesagt in Bd. I, S. 348—350 und Bd. II, S. 239—242. Indem ich darauf verweise, kann ich noch hinzufügen, daß die Schwefel- und Eisenbakterien sich dem Schwefelwasserstoff bezw. dem Eisenoxydul gegenüber ebenso verhalten.

Winogradsky, einer jener Forscher, die im weltberühmten Pariser Institut Pasteur arbeiteten, von wo die bedeutendsten Fortschritte auf dem Felde der Bakterienkenntnis und der Serumtherapie ausgingen, hat im Jahre 1887 in seiner Abhandlung über die Schwefelbakterien, die in der „Botanischen Zeitung" erschienen ist, den Vor-

gang der Schwefelwasserstoffassimilation ein für allemal geklärt. Ein winziges Fädchen, das man Beggiatoa nennt (siehe das Bild) und über das man sich leicht durch eigene Anschauung belehren kann, wenn man es nicht scheut, Schwefelquellen oder Fabrikabwässer (namentlich von Zuckerfabriken) und nach faulen Eiern riechende Gossen mikroskopisch zu untersuchen, ist der Hauptvertreter dieser Schwefelwesen. Sie oxydieren den Schwefelwasserstoff, der reichlich bei jeder Fäulnis entsteht, wodurch Wasser und Schwefel (später auch Gips) entsteht, von denen sie dann den Schwefel (wahrscheinlich als Reserveprodukt in Form von Körnchen) in sich anhäufen, um ihn im passenden Augenblick wieder zu verbrauchen. Diese Oxydation scheint aber nicht so sehr ein Ernährungsvorgang, als eine Art Atmung zu sein, während andere Schwefelorganismen, so die rot gefärbten großen Chromatien (siehe das beistehende Bild, Abbild. 4), ihren purpurnen Farbstoff zur Kohlensäurezerlegung benützen sollen. Nun hat Engelmann seinerzeit ja auch grüne Bakterien beschrieben, Bütschli hat bei einem Purpurbakterium (Monas Okenii) einen versteckten grünen Farbstoff gefunden, und der berühmte Mikroorganismenforscher F. Hueppe hat im Jahre 1887 die letzte Scheidewand zwischen pflanzlichem und tierischem Stoffwechsel durchbrochen, indem er nachwies, daß Bakterien Chlorophyllwirkungen auch ohne Chlorophyll hervorzubringen verstehen, d. h., fachgemäß ausgedrückt, daß die Kohlensäure auch chemosynthetisch assimiliert werden kann. Ich habe hier einmal den ganzen Reichtum an Beobachtungen und Einzelheiten für einen Augenblick hervorströmen lassen, um zu zeigen, was für Wundertäter die Bakterien und wie sehr wir im Rechte sind mit der Entwicklungslehre, die alle Eigenschaften von solchen Urformen ableiten will und es auch kann — weil, wie soeben gezeigt wurde, das Urplasma schon alle späteren Fähigkeiten von Pflanze und Tier in sich birgt. Aber ich verfolgte auch den Nebenzweck, es zur Empfindung zu bringen, wie schwierig es auch ist, sich zurechtzufinden in einem solchen Walde von Kenntnissen und Zweifeln, Wirklichkeiten und Behauptungen.



Bakterien, die für die Landwirtschaft wichtig sind.
1—2 = Beggiatoa alba (Vauch.) Trev. 1 = Lebender Faden mit Schwefelkörnchen. 2 = Faden nach Behandlung mit Schwefelkohlenstoff. 700fach vergr. 3 = Nitrosomonas europaea Winogr. mit Geißelfärbung. 1000fach vergr. 4 = Chromatium Okenii Cohn, ein Schwefelbakterium. 1000fach vergr. 5 = Salpeterbakterien (Nitritbakterien) aus dem Ackerboden von Java. 1000fach vergrößert.
(Nach Migula und A. Fischer.)

Büste Schillers bei dem Lichte obenstehender Bakterienlampe, nach 15stündiger Expositionszeit aufgenommen. (Original-Photographie von Prof. Dr. H. Molisch-Prag.)

So weiß man auch nicht viel Gewisses über die Eisenbakterien. Sie sollen Eisenoxydul zu Eisenrost verarbeiten und daraus ähnlichen Gewinn ziehen, wie die Schwefelbakterien, aber das hat man wieder anzweifeln müssen und muß sich heute etwas vorsichtiger darüber äußern.

Auch über den Fäulnis- und Verwesungsvorgang (vgl. dazu Bd. II, S. 190) mag man als vorsichtiger Volksbelehrer nur so viel verantworten, daß hierbei Bakterien unumgänglich nötig sind, daß sie, wie die Arbeiter in einer großen Fabrik, einer dem andern in die Hände arbeiten, das Produkt, nämlich die Zersetzung der toten Körper, immer vollkommener herstellen und überaus anziehend und schwierig in ihrem stummen Leben und Treiben sind.

Ich soll nun das „Gesicherte" von der Atmung der Bakterien berichten, finde aber, je mehr ich es prüfe, daß mir das „Sichere" aus den Händen schwindet. Oder soll ich meinen Freunden einreden, es sei für sie von Wert, zu wissen, daß es *ärobe* und *anärobe* Bakterien gibt, worunter man zu verstehen hat, daß die ersteren des Sauerstoffes bedürfen, die letzteren nicht. Es verliert doch jeden Wert, zu wissen, daß der veratmete Sauerstoff die Energiequelle des Plasmas ist, wenn man im selben Augenblick erfährt, daß die gleichen Energien auch ohne Sauerstoff frei zu werden scheinen. Hat es sich doch herausgestellt, daß auch die Anäroben (vergl. über sie das Kapitel der Atmung in Bd. II, S. 380), zu denen die Bakterien der Butter- und Milchsäuregärung, der Cholerabazillus oder manche Bodenbakterien gehören, die Milchsäure oder Glyzerin und andere Stoffe so in ihre Elementarbestandteile zerlegen können, daß ihnen daraus doch Oxygen zukommt, womit dann freilich die mit peinlicher Wichtigtuerei durchgeführten Einteilungen in fakultative und obligate Äroben und Anäroben ihren eigentlichen Sinn verlieren.

Wichtiger als dies dünkt mich die außerordentliche Empfindlichkeit der Bakterien für Sauerstoff, auf die sich eine fein ersonnene Methode moderner Pflanzenphysiologie zur Erkennung von Assimilationstätigkeit aufbaut. Das ist die sog. *Engelmannsche Bakterienmethode*. Sie beruht auf der Eigenschaft mancher Formen (z. B. des überall gemeinen Wasserbakteriums [*Bacterium Termo*]), schon durch minimale Spuren von Sauerstoff zu lebhaften Bewegungen veranlaßt zu werden. Sie sammeln sich daher stets um Luftblasen, also um Pflanzenteile, die im Wasser Oxygen aushauchen, womit man es in der Hand hat, schon die geringste Oxygenmenge, die von einem lebenden Wesen abgeschieden wird, sich gewissermaßen sichtbar zu machen. Hierdurch war erst eine Menge der schönsten Aufklärungen über die Licht- und Farbenwirkung auf Pflanzen möglich. Neuerdings benützt man nach *Beyerincks* Vorbild zum gleichen Zwecke auch

die Leuchtbakterien (hauptsächlich Micrococcus [= Photobacterium] phosphoreus), die im Waldboden an faulenden Blättern und Holzstücken, auf Seefischen und Fleisch matt phosphoreszieren, aber sofort hell aufleuchten, wenn ihnen etwas Sauerstoff zu Gebote steht, weil Licht und Atmung sicher in Zusammenhang sind. Diese Methode hat nicht nur den Vorzug, daß sie dem freien Auge zugänglich ist, sondern sie ist auch so empfindlich, daß schon das Licht eines angezündeten Streichholzes genügt, um Sauerstofferzeugung und damit das Aufleuchten der Photobakterien hervorzurufen!

Die Baktterienlampe von Prof. Molisch. Ein Erlenmeyer-Glaskolben mit Salzpepton-Gelatine und darauf wuchernden Kulturen von Micrococcus phosphoreus. (Original von Prof. Dr. H. Molisch-Prag.)

Das Reich der Spaltpilze ist überhaupt das Wunderland der allerfeinsten Wirkungen. Ihre chemische Empfindsamkeit ist so fein, daß fast unmeßbare Spuren chemischer Stoffe genügen, um sie anzuziehen oder zu verscheuchen. Dementsprechend sind auch ihre eigenen chemischen Leistungen die Verzweiflung der Naturforscher ob ihrer Kompliziertheit. Ihr Hauptkunststück ist, Enzyme auszuscheiden, die man fast gar nicht analysieren kann und die gespenstisch die unglaublichsten Arbeiten verrichten. Durch sie bereiten sich die Spaltwesen aus dem Fernliegendsten ihre Nahrung. Eiweißstoffe verwandeln sie in Peptone, den Holzstoff bringen sie in lösliche Form, die Stärke verwandeln sie in Zucker; Fäulnis, Verwesung, Gärung arbeitet geheimnisvoll durch sie, und wir stehen mit unseren Laboratoriumskünsten noch meilenweit zurück hinter der Natur, die es uns hier vorspiegelt, wie hoch sich noch unsere Technik steigern läßt. Bei dieser vielfachen Tätigkeit gibt es natürlich auch die mannigfaltigsten Nebenprodukte, die wir dankbar, oft aber furchtsam anstaunen müssen. Milchsäure, Essigsäure, Buttersäure, Alkohol gehört hierher, und wenn wir uns an Sauerkohl oder Schlickermilch erlaben, wenn uns die Butter ranzig geworden ist, so ist es ein Werk des unsichtbaren Lebens. Aber auch die furchtbar giftigen Eiweißverbindungen, das Leichengift, Ptomaïne und Toxine, das ganze düstere Kapitel von den Krankheitswirkungen und dem schrecklichen Tod, den der tote Körper nach sich ziehen kann, gehört unter diese Rubrik der chemischen Nebenprodukte des Bakterienstoffwechsels.

Das erinnert daran, daß der deutsche Glaube unserer Vorväter einst die ganze Natur mit Geisterheeren bevölkert sah. Gespenstische Zwerge, Wichte und Elfen bewohnten die Erde, den Wald, das Wasser. Geisterhaft nisten sie im Haus, verrichten

tausend Kunstfertigkeiten, helfen der Magd kochen, sorgen für Korn in der Scheuer, bringen dem Felde Gedeihen und stiften als Krankheitsdämonen maßloses Unheil. Ein unheimlicher Schwarm neckte, drohte und half dem stets ängstlichen Waldmenschen, aus dem der Kulturmensch unserer Zeiten hervorging. Er hat wohl seinen alten Glauben abgelegt — doch sind die Wichtelmännchen geblieben. Die geheimnisvoll vielgestaltig segnende und verderbliche Wirkung, die uns umwittert, ist nicht verschwunden, sie hat sich vor dem erstarkten Verstande nur in ihre natürlichen Ursachen aufgelöst. Aber unser Grundverhältnis zu ihr ist das gleiche geblieben: das Gefühl einer bald mit Grauen, bald mit Bewunderung gemischten Ohnmacht. . . . . Nicht anders stehen wir vor der Tatsache, daß ein uns trotz aller Forschung noch unfaßbares Leben in jeder Minute unsere Wege kreuzt, uns Arbeit abnimmt und Leid aufbürdet, bald heilvoll, bald dräuend, immer aber mit uns nur spielt und uns ahnen läßt, welch grausig gleichgültiges Lächeln das Antlitz der Natur für Menschenschicksal und Menschenwollen hat. . . . . Menschen sind nur ein paar Bakterien mehr für das All, das ins Unendliche rollt, während Prometheus an seiner Endlichkeit zugrunde geht.

Man wird leicht zum Dichter, wenn man Bakteriologe ist — kann man sich mit Spott selber sagen.

Damit verknotet sich diese Naturgeschichte des Halbgewissen zu ihrem drückendsten Rätsel, über das in unserem Geschlecht viele Hunderte sinnen und sich sorgen, denn es ist eine wahre Lebensfrage der Menschheit, ob die bakteriologische Krankheitstheorie der Infektionskrakheiten ganz zu Recht besteht oder nicht.

Schon in dieser Fragestellung wird man mich als Zweifler und nicht ganz Gläubigen erkennen, und ich will es nicht verhehlen, daß, wenn ich schon sonst als erste Eigenschaft des naturwissenschaftlich Gebildeten eine tiefe und nur durch die Logik gezügelte Skepsis schätze, ich gerade in diesem Punkte noch mehr Vorsicht empfehle, da mich die ganze Krankheitstheorie, um es in einem Gleichnis zu sagen — so anmutet, wie die Folgerung, daß, weil Blitz und Donner eng aufeinander folgen, der Blitz die Ursache des Donners sein müsse. Aber so ist es ja — höre ich die Voreiligen ausrufen, während die Bedächtigen mich wohl verstehen, wie es eine gemeinsame und doch wesensungleiche Ursache verschiedener Erscheinungen geben kann. Aber man verstehe mich recht. Nicht das wird hier behauptet, es sei nicht glaubwürdig, daß die Bakterien die Ursache der infektiösen Krankheiten sind, sondern nur, daß eine solche Behauptung noch in der Region des zu Untersuchenden, des Problematischen steckt und beispielsweise einmal dazu führen kann, hinter dem sich Festnisten der Bakterien im organischen Körper und den darauf folgenden „Krankheitserscheinungen“ eine tiefere gemeinsame Ursache zu suchen.

Ich merke, dies erfordert Eingehen auf den Gegenstand. Also will ich vorausschicken: Es ist eine Erfahrungstatsache, daß wir stündlich etwa 300—5000 unsichtbare Keime, darunter auch die gefährlichsten Mikroben, jedenfalls Tuberkelbazillen einatmen. Tatsache ist, daß Erde und Wasser von allerlei Spaltpilzen bevölkert sind. 1 cm^3 Gartenerde enthält im Durchschnitt 100 000, reines Quell- und Leitungswasser führt im cm^3 etwa 2—50, Regenwasser 35, Flußwasser 6000—200 000, das Wasser städtischer Kanäle 2—40 Millonen Bakterien. In der Erde steckt der Starrkrampfbazillus, im Wasser sind die Mikroben des Typhus und anderer infektiöser Übel. Also ist es Tatsache, daß

wenn wir atmen, wenn wir etwas berühren, etwas essen oder Wasser trinken, wir jede Stunde schädliche Mikroben in unsern Körper bringen, der fast stets den einen oder den anderen kleinen Defekt aufweist, der ihnen als Eingangspforte dienen kann.

Und trotzdem sind Typhus, Diphtherie, Cholera, Genickstarre, Influenza, Milzbrand, Starrkrampf, infektiöse Lungenentzündung immerhin sehr selten, und auch die Tuberkulose begnügt sich mit $^1/_4$—$^1/_3$ der Menschen, statt alle zu befallen. Also sagt sich der Skeptiker: Bakterien tun es nicht allein, Infektionen sind unendlich viel häufiger als Erkrankungen — bleibt daher nur der Schluß: es gehört *noch etwas* zum Krankwerden. . . . .

Die neuere Medizin ist diesem logischen Zwang gegenüber nicht taub geblieben und lehrt nun: Gewiß ist *noch etwas* nötig, damit die Krankheit ausbricht, und das ist die *Disposition*!

Aber sie sagt uns nicht eindeutig, *was* diese Disposition oder Anlage sei. Indem sie so eine der eigentlichen Krankheitsursachen in etwas sucht, was von den Bakterien ganz unabhängig ist, mindert sie selbst den Wert der von ihr vorgeschlagenen Vorsichtsmaßregeln und drückt die Infektionstheorie wieder zum Range des Problematischen herab. Das dürfen wir nicht vergessen bei allem, was wir uns auf diesem Gebiete an Kenntnissen aneignen, und nur in diesem vorsichtigeren Sinne ist es aufzufassen, wenn die Bakteriologie sich einigt, einen Mikroorganismus als Krankheitserreger anzusehen, falls dabei folgende Bedingungen erfüllt sind: 1. daß die in Frage kommende Bakterienart bei keiner anderen Krankheit im Körper nachgewiesen wird, 2. daß sie in genügender Menge vorhanden ist, um den Grad der Infektion daraus zu verstehen, 3. daß sie in Reinkulturen dargestellt werden kann und 4. daß mit diesen in Reinkultur aus *einem* Keim gezüchteten Mikroben die gleiche Krankheit auf eine für die Krankheit empfängliche Tierart (oder auf den Menschen) übertragen werden könne.

Diese Beweiskette wurde von den Ärzten bei der Tuberkulose, dem Wundstarrkrampf, der Pest, dem Milzbrand u. s. w. geschlossen, und diese sind die am besten bekannten Infektionskrankheiten, von denen aus man Analogieschlüsse auf die anderen wagen konnte, bei denen die Beweisführung aus der einen oder anderen Ursache noch zu wünschen übrig läßt. Solche sind namentlich: Pocken, Masern, Scharlach, Tollwut, Syphilis, von denen man teilweise (Pocken, Tollwut) die Erreger noch gar nicht kennt, oder, so bei der *Spirochaete pallida*, die *Schaudinn* als den Erreger der Lustseuche entlarvte, noch mitten im Stadium der Experimente ohne endgültig befriedigenden Abschluß steht, z. B. gar nicht weiß, ob *Spirochaete* ein Bakterium oder eine Flagellate sei.

Bei der unvergleichlichen Wichtigkeit solcher Fragen für das Menschengeschlecht hat man natürlich nicht unterlassen, mit wahrem Bieneneifer den Beziehungen der pathogenen Bakterien zu den tierischen Zellen nachzuspüren. Man ist dadurch zu der wahrhaft verblüffenden Einsicht gekommen, daß stets im Tierkörper ein dramatischer Kampf zwischen Feinden und Verteidigern tobt, bei dem die feinsten chemischen Künste aufgewandt werden, Gewalt und eine Art Überlistung nicht fehlen, alles Dinge, die der Naturforscher nicht gleichgültigen Auges den Medizinern überlassen kann, weil ihm hier abgrundtiefe Einblicke in das Wesen des Lebens, in seine unvergleichliche Intelligenz und die wahren Ursachen seiner zweckgemäßen Lenkung verstattet sind. Gemeint ist hiermit die Lehre von den *Antikörpern* und die darauf fußende Serumtherapie.

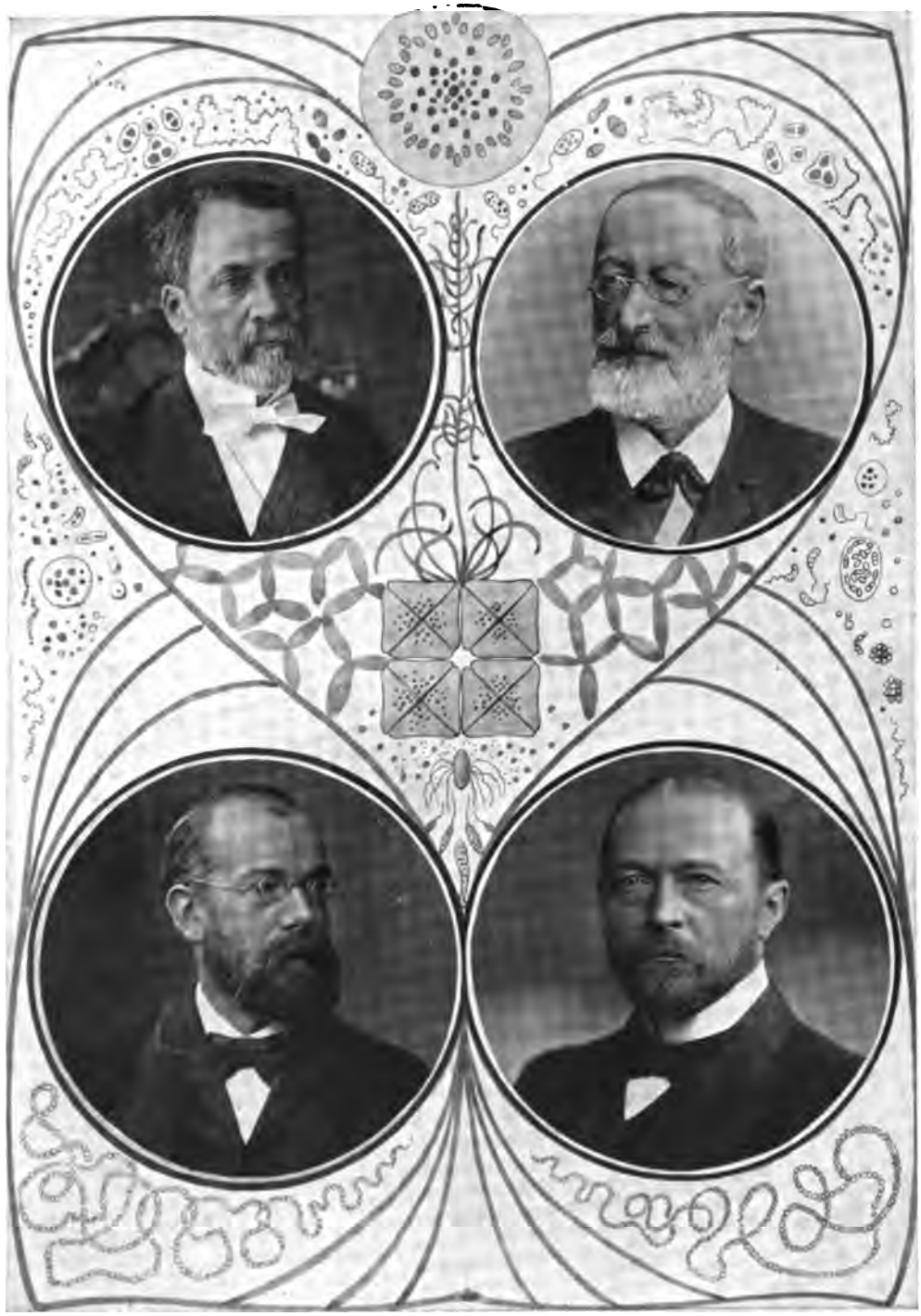
Die größten Namen dieses Wissenszweiges sind Metschnikoff, Behring und Ehrlich. Es wäre darüber so viel zu sagen, daß ich über fünfzigmal mehr Platz und Lesergeduld verfügen müßte, um das Wissenswerte davon aufzurollen. Doch steht mir dies als Nichtmediziner gar nicht zu, und ich verdiene mir mehr Dank, wenn ich den Fachbelehrung wünschenden Arzt unter meinen Lesern auf die im Literaturanhang genannten Werke der drei Forscher, ferner auf Calcars und Dungerns Zusammenfassungen hinweise und für die Bedürfnisse der Bildung nur etwa folgendes von diesen merkwürdigen Dingen hersetze:

Im Körper der höheren Tiere, einschließlich des Menschen, leben in der Blutflüssigkeit Wesen, die man für eingedrungene Amöben halten müßte, wenn man sich nicht von ihrer Zugehörigkeit zu den Zellenstaaten, deren frei schweifende Gendarmerie sie sind, überzeugt glaubte. Man nennt sie weiße Blutkörperchen (Leukocyten) und weiß, daß sie selbstbeweglich umherkriechen, Pseudopodien ausstrecken, von hoher Empfindlichkeit für chemische Stoffunterschiede sind, darauf mit Fermentbildungen antworten, sich also physiologisch genau so wie die freilebenden Einzeller verhalten. Diese Leukocyten halten das Blut der Tiere rein. Die größeren (Makrophagen) verzehren mittels der Scheinfüßchen eingedrungene Fremdzellen (z. B. Malariaplasmodien, Blutflagellaten), die kleineren (Mikrophagen) verzehren die eingedrungenen Bakterien. Mit schönen Experimenten hat man das geprüft. Wenn man einer Weinbergschnecke Gänseblut einspritzt, sind die roten Blutkörperchen schon am nächsten Tag durch die Leukocyten verzehrt worden.

Das ist die Theorie der Phagocytose, wie sie Metschnikoff begründet hat. Man ist bei ihr nicht stehen geblieben, sondern tiefer in die Vorgänge eingedrungen, die sich zwischen Zellen und Bakterien abspielen. Man hat bei dieser Gelegenheit erkannt, daß das Blutwasser, dessen lateinischer Name Serum heute jedem Gebildeten geläufig ist, ebenfalls bakterientötende Kraft besitzt, durch die (für eine mechanische Lebenserklärung freilich völlig unerklärbare) Fähigkeit, jedem Giftstoff, den die Bakterien absondern (Toxin), einen Gegenstoff — Antitoxin oder Antikörper sagt dafür der Fachmann — entgegenzustellen, der das Gift in seiner chemischen Wirksamkeit bindet.

Wie man sich dies chemisch-theoretisch vorzustellen habe, lehrt die Ehrlichsche Seitenkettentheorie; daß solche Antitoxine regulativ gebildet werden, hat Behring entdeckt; daß man durch Einimpfen des Serums eines Tieres, das durch künstliche Infektion zur Antikörperbildung gezwungen wurde, einen Menschen von einer vorhandenen Bakterienvergiftung heilen und für eine gewisse Zeit immun, d. h. ansteckungsunempfänglich machen kann, darauf beruht die moderne Serumtherapie, die in der Pockenschutzimpfung ihren Vorläufer hatte und sich immer mehr als ein Freund der Menschheit erweisen wird. Daß aber dieser große praktische Fortschritt erzielt wurde, ist eine unvergängliche Kultur- und Erlösertat der Naturforschung und der mit ihr verbündeten Ärztewissenschaft, ein Plus, das über das theoretische Manko im Verständnis von Bakterienrolle und Disposition leicht hinwegkommen läßt.

Man liebt es seit einiger Zeit, den Stand der Ärzte herunterzusetzen und den Nutzen ihrer Wissenschaft zugunsten heilkundiger Dilettanten zu bezweifeln — wer sich von dieser Welle hat fortreißen lassen, der bedenke doch bei sich, wieviel menschlichen



Berühmte Bakteriologen.

Prof. Louis Pasteur †
Prof. Robert Koch
Prof. Ferd. Cohn †
Prof. Emil v. Behring

KOSMOS
STUTTGART

UNIV. OF MICH.

Jammer allein bereits die Serumtherapie auf Erden gestillt hat, daß noch keine Religion und kein Kunstwerk imstande war, der Menschheit Sorgenlast so zu erleichtern, wie diese aus den biologischen und medizinischen Theorien heraus gewonnene Großtat des Arztes — und dann schmähe man ihn noch, wenn man es über das Gewissen bringen kann, weil er nicht imstande ist, alle ungestümen Wünsche ungeduldiger Kranker zu erfüllen!

Mit diesem Blick auf das tröstliche Licht, das in der Folterkammer der Menschheit die Leiden nicht hoffnungslos macht, beschließen wir das, was im Umriß von der Bedeutung der Mikroben für den Menschen und seinen Planeten heute gesagt werden kann. Die Bakterien sind Erdbildner, sie bereiten dem Boden Fruchtbarkeit, sie lockern das tote Gestein, sie räumen durch Fäulnis und Gärung das Tote hinweg und verwandeln es in wieder lebensbrauchbare Substanzen; sie ermöglichen uns zahlreiche technisch wertvolle Umsetzungen, sie binden Stickstoff aus der Luft und sind dadurch unentbehrliche Helfer der Pflanzenwelt; sie sind auch die heimlichen Gehilfen der Verdauung bei den Tieren, freilich auch in ihrem Lebensdrange die Ursache zahlreicher tierischer und pflanzlicher Krankheiten, in Summa: sie sind ein für das heutige planetarische Leben unentbehrlicher aktiver Faktor im Kreislauf der Stoffe — diesen Satz sollte jeder Gebildete auswendig lernen, denn er muß in dem Gedächtnis unverlierbar haften, soll man wirklich für diesen Kreislauf, in dem auch wir mitwirbeln, Verständnis haben.

In diesem Satz ist alles beschlossen, was von den Bakterien gemeinwissenswürdig ist. Dagegen ist fast alles nur Fachwissen, was man über die einzelnen Gattungen und Arten der Bakterien weiß.

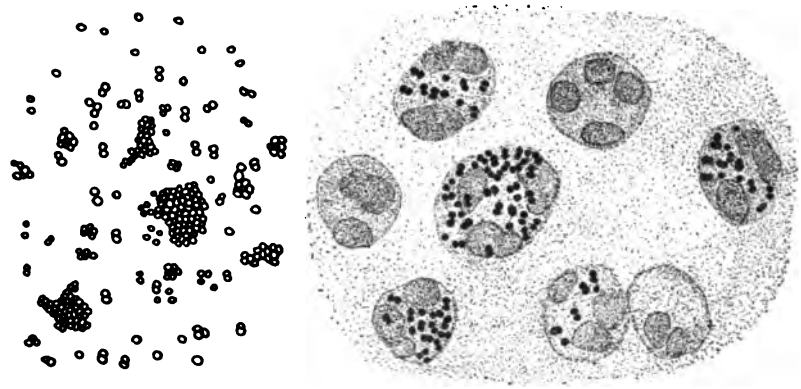
Das System, nach dem man sie einteilt, befriedigt nur praktische Bedürfnisse, nicht aber die Forderung der Entwicklungslehre, daß sich in ihm wirklich die Abstammung der Formen voneinander spiegeln müsse. Man hat jedoch ziemlich allgemein die bereits erwähnte Einteilung Migulas in die fünf Familien der Coccaceae, Bacteriaceae, Spirillaceae, Chlamydobacteriaceae und Beggiatoaceae angenommen, weil sie ja wahrscheinlich dem natürlichen Verwandtschaftsverhältnis ziemlich nahe kommt. Von diesen Gruppen rechnet man zu den

Kugelbakterien (Coccaceen)

eine Unmenge kugelförmiger Wesen, die großenteils medizinische, einige auch technische Bedeutung haben. Wodurch sich die hierher gehörigen Gattungen Micrococcus, Streptococcus, Staphylococcus, Sarcina von einander unterscheiden, kann nach dem Vorausgegangenen als bekannt vorausgesetzt werden.

Die Mikrokokken sind in der Bakteriologie das, was in der Flagellatenkunde die Gattung Monas ist, mit der sich auch die Grenzen verwischen. Man hat 400 Arten davon beschrieben und damit einen unübersehbaren Wirrwarr geschaffen, in dem man eigentlich nur für die Bedürfnisse des Arztes die nötigen Verschläge zurechtzimmerte, um das gleichartig Wirkende hineinzusperren. Der Arzt mißt den Mikrokokken die Eiterbildung und den Tripper bei, der Chemiker die Milchsäuregärung, die Physiologie das Leuchten des Meeres, toter Fische und faulen Holzes, der Botaniker eine Krankheit der Apfel- und Birnbäume. Vom Hostienpilz und den sonstigen Farbstoffkünstlern wissen wir bereits das Nötige.

Es ist also wahrlich eine sehr vielseitige Lebensform, dieses winzige Kügelchen, das wohl in keinem Atemzug fehlt, mit dem wir uns zu erlaben hoffen. Die kleinen und die großen Widerwärtigkeiten des Lebens greifen mit den Mikrokokken in den Gang unserer Schilderungen ein, so sehr es auch widerstrebt, bei solchen Dingen ausführlich zu verweilen. Die kleinen Eiterpusteln und schweren großen Eiterungen sind Schutzhandlungen des Körpers, der seine Leukocyten zusammenruft, um die eingedrungenen Scharen des Micrococcus (= Staphylococcus) pyogenes aureus, der als eigentlicher Eitererreger gilt, zu überwältigen. Nur zeigt der Körper sich dabei in einer unzulänglichen Intelligenz als Anzeichen dafür, daß sein Wissen von seinen Erfahrungen abhängig ist, nicht aber von einer übermenschlichen, weltenbauenden Intelligenz. Denn die weißen Blutzellen zerlösen rücksichtslos alle Körpergewebe, um



Eitererregende Mikrokokken.
1 = Staphylococcus pyogenes aureus Pass., der gewöhnlichste Eitererreger, aus einer Reinkultur.
2 = Micrococcus Gonorrhoeae (Neiss.) Flügge, der Trippererreger im Tripperreiter.
1000 mal vergrößert. (Nach Migula.)

einen Ausgang zu schaffen für die von ihnen zurückgetriebene Bakterienhorde, die dann bei der freiwilligen und vom Arzte nur unterstützten Öffnung der Eiterbeule im Eiter ausfließt — sie bekümmern sich nicht darum, ob hierbei vielleicht nicht mehr Schaden als Nutzen angerichtet wird, ob sie nicht die edelsten Organe zerstören. Denn sie haben nichts anderes gelernt als diese eine Schutzhandlung; ihre „Intelligenz" ist auf ganz niederer Stufe, einseitig und beschränkt, und bezeugt so ihren natürlichen Ursprung.

Anders, in einer leider nur zu vielen jungen Männern bekannten Weise, reagiert der menschliche Organismus, wenn ihn der berüchtigte Micrococcus (Gonococcus) Gonorrhoeae angreift, den vor noch nicht allzu langer Zeit Prof. Neisser entdeckt hat. Es liegt ein ungeheures Tragikum darin, daß so ein nichtiges Pflänzchen das Lebensglück so vieler Menschen zerstört und inmitten aller Segnungen einer heiteren Zivilisation ärger wütet als die Furien des Krieges. Denn der Welterfahrene weiß nur zu gut, daß jenes nachsichtige Lächeln, mit dem der „Mann von Welt" über das „fatale" Mißgeschick seiner Freunde hinweggeht, bloß die Maske entweder größter Frivolität oder vollständiger Unbildung ist, denn die Zahl der durch den fürchterlichen Mikrokokkus zerstörten Ehen ist Legion. Herzzerreißend ist es für den Wissenden, ansehen zu müssen, mit welch rührender Ergebung ringsum Tausende von unschuldigen Opfern ihr „Frauen-

leiden" tragen — und oft noch mit doppelter Zärtlichkeit die Verzeihung des Mannes zu erlangen suchen für das Böse, das er ihnen angetan. Doch das sind Dinge, von denen man in guter Gesellschaft nicht reden darf, trotzdem sie jeder wahrhafte Menschenfreund mit flammenden Lettern an alle Wände schreiben sollte, um Aufklärung zu verbreiten bei Jünglingen und Mädchen, daß sie auf der Hut sind vor den dämonischen Eigenschaften des mißachteten Bazillus. Rasch also ein harmloseres Bild nach dem Blick in die Abgründe, die gesellschaftliche Heuchelei mit einem Scherzwort oder ein wenig Entrüstungskomödie leichthin überbrückt, statt daß man sie durch emsige Aufklärung ausfüllt.

Wie viel wäre gelungen, wenn wir auch den Gonorrhoeae-Bazillus schon so gründlich bemeistert hätten wie den Froschlaichpilz (Streptococcus [= Leuconostoc) mesenterioïdes (Van Thieg. [Mig.]), die einst so vielgefürchtete Gefahr der Zuckerfabriken! Ein Misanthrop könnte sagen: Wahrlich, es kennzeichnet das Geschlecht der Menschen, daß sie einig und einsichtig sind, wenn ihr Geldsack gefährdet ist — aber gleichgültig und unverständig, wenn nur ihr Lebensglück, ihre Gesundheit aufs Spiel gesetzt wird..... Der Froschlaichpilz bringt die ungereinigten Zuckermengen, die Melasse zur Dextrangärung und macht sie dadurch unverwendbar. In dicken, froschlaichartigen Klumpen wuchert er darin mit so unheimlicher Schnelligkeit, daß er in einem Tage 50 hl einer 12% Zucker enthaltenden Melasselösung zu Gallert umwandeln kann. Einst war er die Verzweiflung der Zuckerfabrikanten, aber man hat in der verdünnten Schwefelsäure und dem unterschwefligsauren Kalk untrügliche Spezifika dagegen gefunden und benützt sie so wacker, daß Leuconostoc heute überhaupt schon selten geworden ist.

Ein nettes Sümmchen Anerkennung winkt auch demjenigen Biochemiker, dem es gelingt, ein sicher wirkendes Rezept gegen das Fadenziehen des Weines ausfindig zu machen. Es handelt sich dabei auch um einen Micrococcus (viniperda oder viscosus), der im Wein eine schleimige Gärung nach Art des Leuconostoc hervorruft.

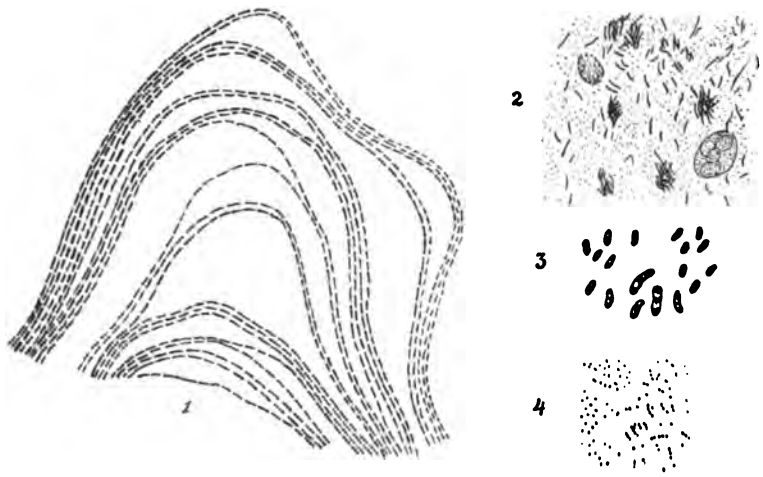
Von den anderen Formen der Mikrokokkaceen ist nichts anderes bekannt, womit sich das Gedächtnis zu belasten lohnen würde. Vielleicht ausgenommen das eine, daß es eine Anzahl von Sarcina- (ventriculi Goodsir, S. pulmonum Virch.) Arten gibt, die sich im Körper von magen- oder lungenkranken Menschen massenhaft finden, ohne daß man wagt, sie für pathogen zu halten. Es wäre dies eine Stütze für jene Skeptiker, die in dem Zusammentreffen von Krankheit und Bazillen nur gemeinsame Erscheinungen einer tiefer liegenden Ursache sehen wollen.

Die Stäbchenbakterien (Bacteriaceae)

interessieren den Arzt, den Techniker und Landwirt gemeinsam, denn unter diesem Gruppennamen vereinigt man einige der berüchtigsten und allerwichtigsten unter sämtlichen bekannten Pflanzen. Man rechnet hierher drei Gattungen: Bacterium, Bacillus und Pseudomonas, von denen innerhalb der ersten etwa 200 Arten, von der zweiten 150, von der dritten über 50 Arten, insgesamt also über 400 Arten unterschieden werden. Darunter sind die Spaltpilze der Milzbrandkrankheit, der Tuberkulose, der Lungenentzündung und Influenza, der Diphtherie, des Aussatzes, des Schweinerotlaufs (alles Bakterien)), des Starrkrampfes, des Typhus, der Pest, der mit der Fleischteuerung in so engem Zusammenhang stehenden Schweineseuche

(alles Bazillen). Fürwahr, eine schreckliche Liste, ein Zug des Todes und der Verarmung, der die Stäbchenspaltpilze zum Symbol des Verderbens erheben könnte, brächten nicht die fast ununterscheidbaren nächsten Verwandten dieser Unholde Segen und Reichtum über die Erde. Denn die Stickstoffsammler des Bodens sind auch Bazillen, und die nitrifizierende Pseudomonas europaea ist der wahre Schutzengel des Landwirtes, dessen Wohltaten alles wieder wettmachen, was seine Gefährten an Leid über die Menschheit heraufbeschwören können.

Von ihnen hat der Milzbrandbazillus den Ruhm, der erste Spaltpilz gewesen zu sein, den man als Krankheitserreger verdächtigt hat. Im Jahre 1876 lenkte R. Koch das Interesse der Ärzte auf die Bazillen. Heute ist die Bakteriologie ein unübersehbarer Turmbau zu Babel und damit ein überwältigendes Zeugnis für die unheimliche Geschwindigkeit, mit der sich das Weltbild in unseren Tagen ändert. Dieser „Primeur"-eigenschaft verdankt das Bacterium Anthracis (Koch et Cohn) Mig. auch, daß man seine Lebensgeschichte am besten kennt von allen. Man ist dadurch zu einer etwas unerwarteten Einsicht gekommen. Nämlich: daß der Milzbrandpilz gar nicht den Menschen und die warmblütigen Tiere braucht, um leben zu können, sondern daß er an warmen, sumpfigen Orten als Saprophyt zwischen Gräsern und Sumpfpflanzen seinen bescheidenen Lebenslauf durchmißt. Nur die Lebensnot zwingt ihn zur Entfaltung seiner verderblichen Kräfte. Wenn er von weidenden Rindern verschluckt wird und nun sein Leben lassen soll, setzt er sich mittels Enzymen zur Wehr gegen die Verdauungssäfte, worauf wieder das Tier mit all den Erscheinungen reagiert, die wir „Krankheitszeichen" nennen. Der Pilz ist nun gezwungen, seine Nahrung aus dem Saftstrom seines Wirtes, seine Atemluft von dem Oxygen der Blutkörperchen zu beziehen, er paßt sich der neuen Lebensweise an, und seine Nachkommen, die, mit den Absonderungen eines milzbrandigen Tieres verschleppt, ein anderes anstecken, sind viel virulenter, d. h. bösartiger oder von ihrem Standpunkt aus, lebenstüchtiger.



Pathogene Stäbchenspaltpilze.
1 = Bacterium Anthracis (Koch et Cohn) Mig., 100fach vergrößert, der Erreger des Milzbrandes. 2 = Gefärbtes Deckglaspräparat von Tuberkelbazillen enthaltendem Sputum. 1000fach vergrößert. 3 = Der Influenzabazillus (B. influenzae Pfeiff.) 1000fach vergrößert. 4 = Der Diphtherieerreger (B. Diphtheritidis [Löffl.] Mig.) 1000fach vergr. (Nach Migula.)

Das ist eine bedeutsame Lehre, die das unheimlich unbegreifliche Walten dieser Feinde des Menschengeschlechtes auf einmal verständlich und begreiflich macht. Von da aus erlangte man bald auch Verständnis für die Naturgeschichte der anderen patho-

genen Spaltpilze. Es erwies sich, daß auch Bacillus typhi Gaffky ein ganz harmloses Wesen ist, das auf feuchter Erde oder im Wasser unbehindert für sich dahinlebt, das aber, wenn es vom Menschen verschluckt wird, seine Lebensweise ändert und nun in der Milz, der Leber, den Darmzotten unter Umständen jene schweren Schädigungen hervorruft, die dem Mediziner als Unterleibstyphus bekannt sind. Der Typhus wird durch infiziertes Wasser verbreitet. Das ist heute ein Gemeinplatz, aus dem freilich zahllose Menschen noch immer nicht die nächstliegende Folgerung abgeleitet haben, sich zu hüten, aus Gewässern rechts und links vom Wege ihren Durst zu stillen. Ein jedes kann ja den Unhold enthalten, den nicht einmal der gewiegte Bakteriologe sofort als solchen zu erkennen vermag, da er dem harmlosen Bacterium coli zum Verwechseln ähnlich und von ihm nur dadurch unterscheidbar ist, daß dieses etwas Säure abscheidet, der Typhusbazillus jedoch nicht. Im Körper verhalten sich die beiden freilich anders. B. coli fügt sich dem Flor der nützlichen Darmbakterien ein, dessen Hauptbestand es ausmacht, und wo es in noch bei weitem nicht genug durchschauter Weise dem Körper zuträgliche Zersetzungen bewirkt. B. typhi aber reizt die Schleimhaut des Darmes zu Geschwüren, die den ganzen Darm durchfressen können, und auf die der Organismus mit jenem schrecklichen wochenlangen Fieber und den Tobsuchtsanfällen antwortet, die dem Typhus den Gemeinnamen Nervenfieber eingebracht haben.

Es ist ein großer Fortschritt der Heilwissenschaft, daß man diese inneren Zusammenhänge bereits durchschaut hat, aber dieses Wissen rächt sich auch an dem Menschen, indem es ihn in ein Meer von Ängsten und Unbehaglichkeiten stürzt, die ihm den Genuß des Lebens rauben, ohne ihn auch wirklich ausgiebig beschützen zu können. Denn der Infektionsmöglichkeiten sind so viele, daß ein Verschontbleiben von allen Bazillen eigentlich auch dann ein glücklicher Zufall ist, wenn ich mich sorgsam vor dem Genusse unbekannten Wassers hütete, mein Schlafzimmer zu einer allwöchentlich von Sublimat triefenden unbehaglich kahlen Spitalzelle umgewandelt, aus meiner Wohnung alle staubfangenden Gardinen und Teppiche verbannt habe und niemals aus der allein schon eine Krankheit aufwiegenden Bazillenangst herauskomme. . . . Man kann wohl sagen: das Wissen ist im Begriff, uns durch seine übereifrigen Jünger das Leben zu vergällen, und darum darf der Menschenfreund, wenn auch auf die Gefahr hin, im Namen der Wissenschaft angegriffen zu werden, wohl ein paar wohlmeinende Worte aus der „Wissenschaft der praktischen Erfahrung" zu äußern wagen.

Die Bazillengefahr ist nicht so arg, wie man heutzutage glaubt. Sie ist nicht so arg, wenn man natürlich lebt. Wo die Sonne nicht hinkommt, kommt der Arzt hin, sagt ein altes Wort der Volksweisheit. Und man kann es ergänzen mit dem Hinweis auf den Segen, der aus natürlicher Erde quillt, mit ihren Zauberkräften harmonischer Lebensentfaltung. Wer sich Mühsal und Plage auferlegt mit einem tätigen Leben, indem er stets eingedenk dessen ist, daß wir Naturwesen sind, die Sonnenlicht brauchen und Luft und Himmelsbläue und Pflanzengrün als Gesellschafter und „Umgebungsreize", die sich so nähren sollen, wie es die einfachen Früchte des Feldes und Bedingungen unseres Daseins bieten und die Bedürfnisse des Körpers von selbst vorschreiben, die sich nicht anders kleiden, nicht anders wohnen, nicht anders vergnügen und nicht mehr und nicht weniger arbeiten sollen, als es das Bedürfnis fordert, — der hat einen Hort an Widerstandskraft in sich aufgespeichert, der ihn besser schützt

vor der Spaltpilze Heer, als alle Desinfektionsmittel mit ihrem greulichen Hilfsrequisitorium von antiseptischen Spuknäpfen und künstlichen Nervennahrungen. Der Weisheit letzter Schluß war noch immer der, wenn die Menschheit auf Abwege geriet und siech wurde: Kehrt zur Natur zurück, sucht euer Brot, eure Freuden, eure Gemütswerte, euer Wissen bei ihr, und sie macht alles wieder gut!

Verleiht dem Körper Widerstandskraft gegen die Bazillen, indem ihr Körper und Seele normal und natürlich macht — dann habt ihr das Beste und Allerwichtigste an Prophylaxe geleistet! Das übrige besorgt die Sonne, in deren Fluten ihr tagsüber leben sollt, denn ihre wunderbar desinfizierende Macht läßt alle tückischen Bazillenkräfte erlahmen. Sie tötet alles Übermaß an Spaltpilzen, benimmt ihnen die Virulenz und läßt sie zu den harmlosen oder im Dienste des Alls unschätzbaren Arbeitern werden, die das erste Glied der Arbeitskette sind, deren oberes Ende heute der Mensch verwaltet.

Dieses Blättchen Naturheilkunde benimmt auch Tuberkulose und Diphtherie und sonstigen Infektionsgefahren die ärgste Drohung, mit der sie sonst schrecken würden.

Daß es nicht auf die Bazillen, sondern auf die Menschen ankommt, belegt die Erfahrung damit, daß man oft genug den Diphtherieerreger (Bacillus diphtheritidis Löffl.) im Zahnbeleg völlig gesunder Menschen, wo stets eine sehr bunte Gesellschaft von Mikroorganismen wuchert, gefunden hat. Dort lebt er ganz indifferent und tritt nur dann krankheitserregend auf, wenn der Körper (z. B. durch starke Erkältung) seine Widerstandskraft verliert. Die Sachlage ist also die, daß wir ständig von an sich harmlosen Spaltpflanzen umlauert sind, die wir mit den natürlichen Eigenschaften unserer Körperzellen im Zaum halten, die aber unser Verderben werden können, wenn wir des Körpers Kraft durch Unverstand oder auch unverschuldet herabmindern, woraus der Verstand das Wesen der „Disposition" errät und sein Urteil über unsere mit Alkohol, Nikotin, Alkaloiden, Über- und Unterernährung, Aufregungen, Nachtwachen, Nervenüberreizung, Verfettung und Müßiggang vergiftete Lebensweise spricht. . . .

Gegen den Diphtheriebazillus hat die Wissenschaft nach endlosem Mühen ein Hilfsmittel in dem Blutserum von Tieren (Ziegen, Schafen, Kühen, Pferden) entdeckt, denen man besonders hochvirulente Kulturen einimpfte, wodurch ihr Körper mit der bereits geschilderten Antitoxinbildung reagierte. Trotz mancher Zweifel, die man gegen die Brauchbarkeit des Diphtherieserums ausgesprochen hat, scheint es nun doch schon Tatsache zu sein, daß auch in den echten Diphtheriefällen die Sterblichkeitsziffer durch die Serumanwendung erheblich herabgesetzt wird. Das erweckt natürlich glühende Hoffnung im Herzen der zahllosen Schwindsüchtigen, daß eines Morgens auch ihnen die frohe Botschaft verkündigt wird: Euer „Serum" ist gefunden! Doch, so grausam es ist, das öffentlich sagen zu müssen: bis heute hat die Wissenschaft noch keinen besonderen Anlaß zur Unterstützung dieser Hoffnung. Wenn man nun auch nicht so ratlos ist wie bei Cholera oder Typhus, deren Erreger anscheinend den Körper nicht zur Antikörperbildung anregen, so sind doch bei dem Tuberkelbazillus (B. tuberculosis [Koch] Mig.) bestimmte Rassen vorhanden, die nur für ihren spezifischen Wirt besonders gefährlich werden. Auch hat sich herausgestellt, daß die menschlichen Tuberkel-

bazillen wohl für Rinder höchst gefährlich sind, daß dagegen die Tuberkulose der Kühe nicht für den Menschen im gleichen Maße infektiös ist. Es ist dies ein Beispiel für die äußerst komplizierten Gesetze der Biologie dieses Spaltpilzes, wodurch endgültige Lösungen immer noch hinausgeschoben werden. R. Koch glaubte zwar seinerzeit im Tuberkulin, dem spezifischen Gift der Tuberkelbazillen, ein wirkliches Heilmittel gefunden zu haben, aber es war doch nur ein tröstliches Traumbild, von dem allerdings auch nach dem Erwachen eine höchst wertvolle Wirklichkeit übrig blieb. Die Tatsache nämlich, daß Tuberkulin ein ausgezeichnetes Reagens ist, um die tierische Tuberkulose in ihren leichtesten und ersten Stadien zu erkennen — was natürlich für die Milchkontrolle unbezahlbar ist.

So sind wir denn heute auch bei der Schwindsucht nur auf die alte Lebensweisheit angewiesen, daß vorbeugen leichter ist als heilen, und daß der Körper selbst sein bester Sanitätsrat und Arzt ist, wenn wir durch vernünftig natürliche Lebensweise seine Kraft und Widerstandsfähigkeit erhöhen. Dem tragen wir in Heilstätten und stählenden Hochplätzen bei Wintersport und vernunftüberwachter Lebensregelung endlich einmal peinlich Rechnung, und nur dadurch ist es gelungen, Jahr für Jahr die fürchterliche Statistik zu verbessern, die da sagte, daß von den 60 Millionen Deutschen 1 Million schwindsüchtig ist, und daß von dieser Million jährlich 100000 sterben müssen.

Wenn man solche trübselige und doch tröstliche Gedanken im Sinne hat und dann ins Leben hinaustritt und allerwege Unvernunft predigen hört, bald als lächerliche Modetorheit, die den jugendlichen Frauenkörper in seiner Entwicklung behindert und das neue Geschlecht im Keime verdirbt, weil das angeblich „eleganter" ist, bald als wahnwitzige Völlerei, die sich an Giften berauscht und „anregt" und dem Körper das Unmögliche zumutet; da als Ausschweifung durch abgeschmackten Nervenkitzel, dort als freiwilliger Verzicht auf natürliches Lebensglück durch naturwidrige Abtötung selbstverständlicher Regungen; wenn man unsere ganze soziale Gliederung, die Kulturideale, die Lebensführung, die Philosophie, Ethik und Kunst, jede Theorie und Praxis gehemmt sieht bald von einem durch Wahnwitz ausgeheckten Naturhaß, bald von Unnatur und Unverstand — dann versteht man, wie es gekommen ist, daß aus dem Garten Eden ein Jammertal wurde, als das sich unsere schöne Welt noch immer in so vielen Hirnen spiegelt. Man versteht, warum es heute die wichtigste aller Kulturaufgaben ist, Naturkenntnis zu verbreiten, der ästhetischen Forderung „künstlerischer Kultur" ein Naturbildungsideal entgegenzustellen und Naturliebe zu predigen. Nur dadurch kann eine Gesundung der Menschheit in die Wege geleitet werden, die das so selten gewordene „Glück" auf Erden vermehren kann, indem sie dem einzelnen die Mittel zur körperlichen und seelischen Erneuerung in die Hand gibt. Das ist die wahre Aufgabe der Naturwissenschaft — nicht aber die: eine Dienerin der Technik zu sein! Das ist die menschheiterlösende Bedeutung der Naturphilosophie, und in ihr liegt der letzte und höchste Wert der neuen Kultur, die sich durch die Naturforscher als die Propheten eines neuen Menschengeschlechts anbahnt! Um an diesen besten Werten Teil und Nutzen zu haben, deshalb sollt ihr Naturwissenschaft, vor allem Biologie kennen lernen und ihr den Ehrenplatz in eurer Bildung und eurem geistigen Haushalt zuweisen! Die Verbreitung der Tuberkulose und ihrer Gefährten sei euch das mahnende Beispiel und die erschreckende Drohung,

wohin die Menschheit kommt, wenn sie die naturwissenschaftliche Bildung verschmäht und bloß aus Philosophemen, Dogmen oder Kunstwerken ihres Daseins Regeln zu erkennen sucht!

Der Ausgangspunkt dieses vielleicht unvorsichtigen Exkurses in meine Grundüberzeugungen, das unscheinbare Schwindsuchtstäbchen, weiß übrigens das Denken auch noch in andere Richtungen zu lenken. Es gibt eine große Anzahl von Naturforschern, welche die Tuberkelbazillen nur für die parasitäre Wuchsform eines den Pilzen nahestehenden vielgestaltigen (pleomorphen) Organismus halten. Wenn sich das bewahrheitet, hat unsere Anschauung von der biologischen Ursache der Bakteriengifte eine unumstößliche Stütze erhalten — freilich löst sich dann auch sehr leicht der alte Begriff des Bakterienreiches auf. Es wird als das „Polen" der Biologie zwischen verschiedenen Naturreichen aufgeteilt; der eine Teil gelangt zu den Spaltalgen, der andere zu den Pilzen, der dritte zu den Flagellaten. Ich sage nicht, daß man heute schon das Recht dazu hat, aber ich mache darauf aufmerksam, daß die Entwicklung der Kenntnisse in dieser Richtung geht.

Zu den stäbchenförmigen Spaltpilzen rechnet der Mediziner auch den Erreger der Pest, dem nun schon mehr als ein Opfer der Wissenschaft dargebracht wurde in den Ärzten, die sich während ihres Studiums mit ihm infizierten. Ferner die auf S. 128 abgebildeten, überaus winzigen Wesen, die er in den Absceidungen Influenzakranker findet, ebenso den Bacillus pneumoniae (Weichs.) Mig., der für den Erreger der kruppösen Lungenentzündung und der seit einigen Jahren so vielgefürchteten Genickstarre gehalten wird (Bild Bd. II, S. 53). Hierher gehört B. leprae (Arm. Hansen) Mig., den man verdächtigt, die Ursache des Aussatzes zu sein. Die Geschichte des Aussatzes ist dem kritischen Mediziner wieder ein Fingerzeig, möglichst vorsichtig zu sein in der Beurteilung dessen, was bei einer Krankheit alles als Ursache zu gelten habe. Der Aussatz fristete sein Dasein im ganzen Altertum nur kümmerlich. Wir haben keine Angaben, daß er in Ägypten und Rom besonders auffällig und schreckenerregend verbreitet gewesen wäre. Aber schon zu Beginn des neuen Aktes der Weltgeschichte tritt der finger- und nasenlose Aussätzige überall auf die Bühne. Es ist eine unheimliche Parallele zwischen dem Siegeszug des Christentums und des Aussatzes. Gregor von Tours erzählt schon aus dem 6. Jahrhundert, daß er „Guteleut"-Häuser begründen müsse, und weitere sechs Jahrhunderte später gab es keine christliche Stadt, die nicht vor den Toren ihr Xenodochium für die Leprosen hatte, in der nicht Schreckgestalten zu vielen Dutzenden mit ihrer Lazarusklapper die Gesunden in die Flucht jagten, wenn sie ihren Bettelgang antraten. In Lersch' Geschichte der Volksseuchen und Haesers Geschichte der Medizin finden sich erschütternde Akten dieses weltgeschichtlichen Prozesses, in dessen Anfang die mitteleuropäischen Völker als eine Schar von Recken und Übergesunden eintraten, bei dessen Urteilsvollstreckung sie zum Pöbel des Mittelalters, dieser in Höhlen hausenden, halbvertierten, von Geschlechtskrankheit, Skorbut und seelischen Epidemien zerfressenen, von Schmutz und Elend starrenden armseligsten Menschheit herabgesunken waren. In diesem Milieu fand der Aussatz seinen Boden. Die christliche Welt hatte im 13. Jahrhundert 19000 Leproserien errichten müssen, um Hunderttausende von Aussätzigen absondern zu können — das ist der eine Pol in der Flut von Berichten, die aus jener krankhaftesten aller Menschheits-

zeiten aufbewahrt blieben. Und an dem anderen stehen die schauderhaften Tatsachen, die in Haefers Werk verzeichnet sind, von den Pflegern dieser Aussätzigen, dem Mönchsorden der Lazaristen, die nur einen Leprosen zum Ordensoberhaupt wählten und als echte Kinder ihrer durch Unnatur wahnsinnig gewordenen Zeit, an hohen Festtagen in Erinnerung an das Bibelwort von den Hunden, welche Lazarus beleckten — die Aussatzgeschwüre ihres Priors küßten! . . . . .

Und doch ging die abendländische Menschheit nicht an dem Aussatz zugrunde, sondern in dem Maße, wie sich die neuen Ideen der antiken Wiedergeburt Bahn brachen und gesundere, vernünftigere Geistesrichtung und Lebensweise um sich griff, verlor der Leprabazillus seine Macht. Schon gegen Ende des 17. Jahrhunderts nahm die Zahl der Aussätzigen sprungartig ab, heute ist der Aussatz bei uns als Volksseuche erloschen. Frankreich hat unter 100000 Rekruten 7,7 Leprosen, Deutschland fast gar keine, in Norwegen und Livland sind nur noch einige unbedeutende Herde, und man hat die Gewißheit, daß die Krankheit als Volksseuche nicht wiederkommen kann. Warum nicht? Nur wegen unserer Desinfektions- und Isolierungspraxis? Warum rottet sie nicht die Diphtherie aus, warum erlaubt sie der Cholera von Zeit zu Zeit einen fürchterlichen Vorstoß in die Herzen unserer Großstädte? Und zu guter Letzt: in Norwegen, wo man das Übel in neuester Zeit von Grund auf studiert hat, ist man zur festen Überzeugung gelangt, daß sich Ansteckungen von Person zu Person nicht nachweisen lassen, Tiere als Vermittler aber schon deshalb unmöglich sind, weil kein Tier für den Aussatz empfänglich ist. Was soll das nun bedeuten? Warum wütet der Bazillus dann, wenn die Menschen unter dem Einfluß naturwidriger Lehren eine ungesunde Lebensweise befolgen, warum verschwindet er urplötzlich, wenn sich die geistigen Zustände bessern, warum bleibt er nun fast harmlos? Man hat keine Antwort auf diese unbequeme Frage, aber man gewinnt aus ihr hoffentlich den Anstoß, sich nicht mit einer oberflächlichen und offenkundig unzulänglichen Infektionstheorie zu begnügen, sondern tiefer zu schürfen. Vielleicht bis dorthin, worauf der edle E. v. Feuchtersleben schon vor 70 Jahren in seiner „Diätetik der Seele“ starr und energisch hinweist, bis zu den Seelenzuständen als Ursachen körperlicher Empfänglichkeit und Widerstandskraft. . . . .

So leuchtet die Bakteriologie tief hinab in die modernsten und in die urältesten Probleme und kann mit der richtigen Fragestellung uns vom Welträtsel bis zur Lebensführung belehrend geleiten.

Gerade die Stäbchenspaltpilze stehen mit so vielerlei Gesundheitsschädigungen von Mensch und Tier im engsten Zusammenhang, daß die Gewohnheit, für die ganze Gruppe der Spaltpilze einfach Bazillen zu sagen, dadurch wenigstens praktisch so ziemlich gerechtfertigt ist. Entencholera, Hühnertuberkulose, Mäuse-, Kaninchen-, Schweinekrankheiten, Wild- und Rinderseuchen, Rauschbrand des Rindes, der Ziegen und Schafe, Wundinfektionsleiden der Haustiere sind mit Bazillen in Verbindung, und der moderne Tierarzt hat durchaus nicht weniger Ursache als der Menschenarzt, sich für dieses Kapitel der Botanik nachhaltigst zu interessieren. Seinen Bemühungen sind übrigens auch schon höchst erfreuliche Ergebnisse zu danken. Es gelang, durch eine Schutzimpfung den einst in den deutschen Alpenländern vielgefürchteten Rauschbrand fast zum Verschwinden zu bringen. Und durch den Bacillus typhi murium Löffl. wußte der Mensch — eigentlich mit teuflischer List — den armen Feldmäuslein eine Krankheit so auf den

Hals zu hetzen, wie das einst die Spanier und sonstige Kolonisten mit den bedauernswerten Indianern machten, denen sie Kleidungsstücke von an Infektionskrankheiten Gestorbenen lockend an Bäume hängten. So legt man heute auch mit Bazillen infizierte Lockmittel den Mäusen aus und hat damit, wenn auch nicht immer, schon „schöne Erfolge" erzielt.

Doch damit will ich diese traurigen und von häßlichen Notwendigkeiten erzählenden Bilder zurückstellen und dafür die freundlichen von den nützlichen Bazillen und Pseudomonaden entrollen.

Den Übergang mag der zwar der Hausfrau lästige, aber sonst harmlose Bacillus acidi lactici Hueppe bilden, dessen kurze Fädchen die Ursache sind, warum die Milch gerinnt. Diesen Vorgang bezeichnet der Professor, der im kommenden Jahrzehnt unseren Köchinnen „küchenphysiologische" Vorträge halten wird, als Milchsäuregärung. Wenn bis dorthin vielleicht auch die Stallburschen und Kutscher wissenschaftliche Ausbildung erfahren, so werden sie darüber belehrt sein, daß der „Stallgeruch", dessen Wertschätzung ja salonfähig ist, vom Bacillus ureae (Jaksch) Mig. erzeugt wird, da er den Pferdeharn zerlegt und aus ihm das kohlensaure Ammoniak frei werden läßt.

Doch das sind nur kuriose Notizen gegenüber der Millionenbedeutung des Bacillus radicicola Bey. (auch Rhizobium genannt), d. h. dem Knöllchenpilz der Leguminosen, von dem in diesem Werke schon oftmals die Rede war.* Um es nochmals zusammenzufassen, beruht die praktische Bedeutung dieser wichtigen „Hauspflanze" darauf, daß sie imstande ist, freien Stickstoff der Erdluft in ihren Stoffwechsel zu ziehen. Die Naturgeschichte dieses Wesens läßt sich damit wiedergeben, daß es ein winziges, etwa $^4/_{1000}$ mm langes Stäbchen ist, das unter Umständen auch winzig kleine Schwärmer bildet, wahrscheinlich ziemlich vielgestaltig ist und in einer Reihe von Varietäten (var. Trifoliorum, var. Fabae, var. Pisi usw.) an Klee, Bohnen, Erbsen, Lupinen, Schwarzerlen und anderen Pflanzen Wurzelknöllchen erzeugt, in denen der Bazillus allerlei Involutionsformen (siehe darüber S. 113) annimmt, schließlich völlig entartet und als mit Eiweißkörpern vollgestopftes Körnchen in den Wurzeln gespeichert wird. Trotzdem man schon viel darüber gearbeitet hat, bleibt noch mehr als Vieles über sein Eindringen, über die näheren Umstände seiner Symbiose und seine Verwertung durch die Blütenpflanze zu klären.

Die mit den modernsten Hilfsmitteln arbeitende Landwirtschaft hat übrigens bereits versucht, sich die Kenntnisse über diese Knöllchenbakterien ebenso in der Praxis nutzbar zu machen, wie es im Falle des Mäusebazillus gelungen ist. Sie hat zwei Mittel, Alinit und Nitragin, hergestellt, von denen das erstere ein feines Pulver ist, das ein Nitrogenbakterium (Bac. Ellenbachensis) enthält und, mit Wasser verrührt, dem Saatgute beigebracht wird, womit man eine Impfung des Bodens erhofft, die den Bodenstickstoff durch der Bakterien Tätigkeit in den Pflanzen zugängliche Verbindungen überleiten soll. Nitragin wurde ursprünglich im Reichsgesundheitsamt zu Berlin hergestellt. Es sind Reinkulturen von Knöllchenbakterien, um den Leguminosen von vornherein Gelegenheit zu passender Eheschließung zu geben. Beide Ideen sind ja vortrefflich, doch ist man sehr geteilter Ansicht über ihren heutigen Wert, da

* Vgl. dazu Bd. I, S. 75, 350. — Bd. II, S. 240, 241 und die dort veröffentlichten Bilder.

sich eben im Laboratorium manches anders ansieht, wie in der Praxis. Ich habe vielen Versuchen mit beiden Bakterienmitteln beigewohnt und selbst gesehen, wie schwankend der Erfolg ist.

Noch wichtiger als die Knöllchenbazillen sind vielleicht die Nitrosomonas Arten, die man heute Pseudomonas nennt (Bild S. 119), und von denen P. europaea Winogr. als Erreger der Nitrifikation im Ackerboden vielleicht die für den Menschen wichtigste aller Pflanzen ist. Pseudomonas hilft uns das tägliche Brot erwerben, Bacillus coli und seine Verwandten helfen es verdauen; ohne beide wären wir dem Elend und dem Siechtum ausgesetzt. Trotzdem hat der Mensch jahrtausendelang gelebt, ohne von seinen „unsichtbaren Schutzengeln" eine Ahnung zu haben, und noch heute zählen die Gebildeten nach Hunderttausenden, die von diesen wichtigsten Beziehungen des Menschen zur Natur, von seiner totalen Abhängigkeit von der Harmonie der Naturverhältnisse niemals gehört haben. In der Schule lernt man ja Geschlechtsregister der Zäsaren, und die „Bildung" der Gebildeten besteht aus Musik und Sprachen, durch die man sogar auf französisch und englisch seine Unwissenheit in allem Wichtigen bloßstellen kann. Das Ganze aber dünkt sich turmhoch erhaben über den einfachen Landmann, der — soweit ihn nicht seine Mitmenschen daran hinderten — durch den Verkehr mit der Natur hundert natürliche Weisheiten gelernt hat. Wie sagten doch die Alten zu solchem Schauspiel? Difficile est, satiram non scribere...

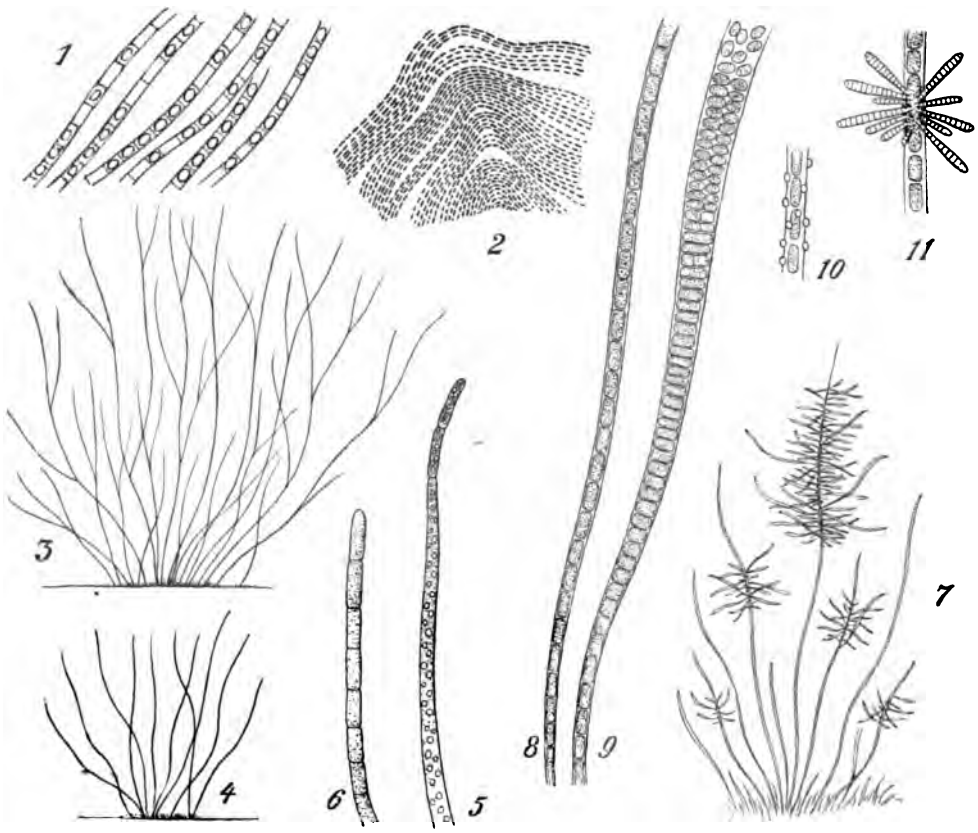
Die Pseudomonaden, die man zu deutsch Salpeterbakterien nennen kann, wenn man nicht lieber Bodenspaltpilze sagen will, wurden von S. Winogradsky im Jahre 1890 entdeckt und dann von Frankland, Warrington, Schlösing, Muntz, Hueppe und seinen Schülern studiert. Sie sind aber leider noch bei weitem nicht so in ihren Lebenseigentümlichkeiten bekannt, wie es ihre große Bedeutung wünschenswert macht.

Vorläufig wissen wir nur so viel mit Sicherheit, daß durch jene Form der Salpeterbakterien (vgl. Bild auf S. 119), die man als Nitritbakterien bezeichnet hat, im Laboratorium aus einer Nährlösung von Wasser, worin Ammoniumsulfat, Kaliumphosphat und (basisches) Magnesiumkarbonat gelöst sind, aus dem Ammoniak reichlich Nitrite gebildet werden, die dann durch eine andere Gruppe von Bakterien (die Nitratbildner) aufgenommen und zu Nitraten umgewandelt werden. Das ist aber zugleich der Vorgang, der sich in der Natur vollzieht, wenn faulende organische Substanzen (also Dünger) unter dem Einfluß von Fäulnisbakterien zu ammoniakhaltigen Verbindungen zerfallen, und nun verstehen wir erst, warum sich der Boden durch den Dünger mit Nitraten anreichert, nach denen die höheren Pflanzen so begierig sind. So leicht war das große Geheimnis der Düngerwirkung auf den Ackerboden erhellt! Man kann sich darüber folgenden Satz merken: Der Dünger liefert dem Boden Ammoniak, der durch die stets im Ackerboden vorhandenen Nitrit- und Nitratbakterien zuerst in Nitrite, dann in die für die Ernährung der Kulturpflanzen unendlich wichtigen Nitrate umgewandelt wird.

Damit erschöpft sich übrigens die Wichtigkeit dieser Salpeterwesen nicht, denn man hat triftigen Grund anzunehmen, daß sie an der Umwandlung der Gebirge in fruchtbare Erde in hervorragender Weise beteiligt sind. Man stellt sich das so vor, daß sich auf nacktem Kalkfelsen in den Ritzen Salpeterbakterien ansiedeln, die von den Spuren

von Ammoniak leben, die ihnen der Regen zuführt. Damit zersetzen sie aber zugleich auch den Kalk und geben so Anstoß zur Bildung einer minimalen Menge von „Dammerde", auf der sich Flechten, Moose und später auch höhere Pflanzen ansiedeln können.

Bevor ich das schließe, was mir von den Stäbchenbakterien gemeinwichtig dünkt, muß ich auch noch des hierhergehörenden Heupilzes gedenken (Bacillus subtilis [Ehrb.] Cohn) und im Anschluß daran einer großen Bakteriengesellschaft, mit der



Wasserbakterien.

1—2 = Bacillus subtilis (Ehrb.) Cohn. (1 = Sporenbildende Fäden. 650fach vergrößert. 2 = Bazillenhaut. 80fach vergrößert.) 3 = Cladothrix dichotoma Cohn. 35fach vergrößert. 4—6 = Thiothrix nivea Winogr., aus Schwefelquellen. (4 = Rasen bei 50facher Vergrößerung. 5 = Gesunder, 6 = abgestorbener und mit Schwefelkohlenstoff behandelter Faden, der die Gliederung zeigt. 700fach vergrößert.) 7—11 = Brunnenfäden (Crenothrix polyspora Cohn). (7 = Ganzer Rasen. 60fach vergr. 8—9 = 600fach vergrößerte Fäden, die Konidien bilden. 10—11 = Keimende Konidien.) (Nach Migula.)

jeder Mikrologe stets Bekanntschaft macht, weil sie ihm seine Kulturen ruiniert durch die Fäulnis, die ihr Werk ist. Das sind die Wasserbakterien. In jedem, auch dem reinsten Wasser gibt es harmlose Bakterien. Die zahlreichsten und — wenn man von diesem primitiven Wichtlein so sagen darf, die schönsten finden sich in den Sümpfen, im Schlammgrund, wo organische Reste faulen, ferner in Aufgüssen. Der Heupilz hat ja auch seinen Namen davon, daß er in Heuaufgüssen sicher in Masse zu finden ist. Mit ihm zusammen, sonst aber bei Fäulnis von Eiweißkörpern (Fleischaufgüsse!), stellt sich

regelmäßig B. vulgaris [Haus.] Mig., ein kurzes, sehr lebhaft bewegliches Stäbchen, ein, das einer der Haupterreger der Fäulnis ist. Der dritte im Bunde ist gewöhnlich Pseudomonas putida [Flügge] Mig., die wir in jedem Trinkwasser zu schlucken bekommen, die aber mit ihren 3—6 Geißeln hauptsächlich in Flüssen und Fabrikabwässern umhertanzt.

In Flüssigkeiten von hochgradiger Fäulnis kann man mit Sicherheit darauf rechnen, auch Vibrionen zu Gesicht zu bekommen, die aber von dem Systematiker schon einer anderen Gruppe, nämlich den

Schraubenbakterien (Spirillaceae),

zugerechnet werden. Man bezeichnet die alte Gattung Vibrio überflüssigerweise heute als Microspira und versteht darunter winzige, schraubig gebogene Stäbchen, deren Krümmung aber nur einem Teil eines Schraubenumganges entspricht. Längere Schrauben bezeichnet man als Spirillum, wenn sie Geißeln besitzen — als Spirochaete dagegen, wenn solche fehlen. Mit diesen paar Gattungen und ihren etwa 60 Arten ist die ganze Gruppe erschöpft. Der sumpfige Boden ernährt die schönsten davon. Spirochaete plicatilis Ehr., Spirillum serpens (Müll.) Wint., Sp. Undula Ehrb., Sp. tenue Ehrb., Microspira rugula Ehrb. kann man aus jedem Schlammbrei herauszüchten, und wem dies nicht gelingt, der trägt ohnedies im Zahnbelag seines Mundes eine stets lebhaft bewegliche Bakterienkolonie bei sich, in der neben Bazillen große Spirillen und Vibrionen zu Hunderten herumwimmeln.* Sind sie schädlich? Sind sie bloß harmlose Fäulnisgäste, sind sie die Ursache der Zahnkaries? Man streitet darüber, und ich kann den Streit nicht schlichten.

In der Mikrobenwelt steht das Verderbliche so dicht am Nützlichen, daß man bei ihnen mit seinen Urteilen noch öfters stolpert als anderswo. So gibt es eine große Anzahl von Mikrospiren, die im Fluß- und Trinkwasser (z. B. im Wiener Donaukanal oder im Berliner Leitungswasser) vorkommen, genau so aussehen wie der berüchtigte Cholerabazillus (Microspira Comma [Koch] Schröt.) und dennoch ganz gleichgültige Wesen sind. Die Choleraschraube ist der gefährlichste Vertreter der ganzen Gruppe und auch ein wertvoller Prüfstein für die Infektionstheorie. Vor dem Jahre 1823 hat man keine Kenntnis von einer bedeutenden Choleraepidemie gehabt; seitdem sind bis zur letzten fürchterlichen Epidemie in Hamburg (1892—1893) sechs große Choleraausbrüche erfolgt. In allen diesen Fällen scheint die Krankheit vom Gangesdelta, wo sie einheimisch ist, verschleppt worden zu sein. Das gibt zu denken, da der Verkehr von Indien nach dem europäischen Süden, der durch seine den Choleravibrionen allein zusagende Wärme und die hygienische Sorglosigkeit der Bevölkerung besonders empfänglich sein sollte, im Altertum und im Mittelalter (man denke an die Handelsgeschäfte der Araber und von Venedig!) sehr rege war. Die Buddhalegende drang von da in das Christentum ein — und die Cholerabazillen nicht. Das ist mindestens verwunderlich.

Doch nicht das allein verwirrt. Während der großen Hamburger Epidemie ist dort kein einziger Arzt an Cholera gestorben; dagegen hat man bei Epidemien in den Entleerungen anscheinend gesunder Menschen Choleravibrionen gefunden. Auf der anderen Seite der Urteilswage liegt aber der berühmte Selbstversuch, der für immer

* Hauptsächlich Spirochaete dentium (Cohn), Spirillum Milleri, usw.

ein leuchtendes Zeichen der idealen Begeisterung für die Fortschritte der Wissenschaft bleiben wird, den Pettenkofer und der Arzt Emmerich in München angestellt haben. Sie aßen beide mit Cholerabazillen infizierte Speisen — und erkrankten auch beide. Andererseits ist es jedem Arzte wohl bekannt, daß die sinnlose Angst, die bei jeder Epidemie um sich greift, allein schwere Choleraſymptome hervorrufen kann, ja, daß gerade die Choleraepidemien das Schauspiel einer merkwürdigen allgemeinen Verseuchung bieten, indem auf ihrem Höhepunkte wenig Menschen ganz von Übelkeiten verschont bleiben. Aus eigener Erfahrung weiß ich dies von der Epidemie im Jahre 1892 zu Budapest sehr wohl, während es doch trotz einer allgemeinen Infektion der Wasserleitung, wie sie im gleichen Jahre zu Hamburg erfolgte, theoriegemäß nicht zu Hunderttausenden von Erkrankungen, sondern nur zu einem geringen Bruchteil dessen kam, was zu erwarten war.

Das ist der merkwürdige Knäuel von Widersprüchen, den die Theorie der Infektionskrankheiten noch zu entwirren hat, und hinter dem zweifellos große Überraschungen und Entdeckungen verborgen sind, auf einem Gebiete, das der größte deutsche Hygieniker mit seinem Begriff einer „zeitlichen und örtlichen Disposition zu Epidemien" bereits vielverheißend abgesteckt hat. Ich wünschte, daß meine Leser von all diesem Herumleuchten in die Hintergründe unserer Medizin, die ich hiermit endgültig einstellen kann, weil mir ihr Zweck erreicht scheint, den Eindruck behalten, daß das Wesen der Infektion und Krankheit nicht in mechanisch-chemischen, sondern in biologischen Bedingungen ruht. Die Ärztewissenschaft hat deswegen allen Grund, mit Hoffnung und Interesse auf die biologische Betrachtungsweise zu blicken, der sich nun die Lebenswissenschaften ergeben und der sich auf die Dauer die Medizin nicht wird entziehen können.

Was noch zu sagen ist von der Bakteriologie, kann man, da alle für das öffentliche Wohl wichtigen Erscheinungen des Bakterienlebens vorgeführt wurden, in Kürze erledigen.

Im Migulaschen System der Bakterien werden noch zwei Familien, die der

Chlamydobakteriaceen

und der Beggiatoaceen, unterschieden. Der Unterschied von den übrigen Gruppen beruht darauf, daß beide Fadenbakterien sind. Voneinander unterscheiden sie sich nur dadurch, daß die Chlamydobakterien in häutigen Scheiden stecken, die Beggiatoaceen aber nicht.

Im Haushalt der Natur erlangen sie Wichtigkeit dadurch, daß einige Gattungen (Thiothrix, Beggiatoa) Schwefelwasserstoff oxydieren (vgl. S. 119); im Haushalt des Menschen macht sich der Brunnenfaden (Crenothrix polyspora Cohn) [Bild S. 136] höchst mißliebig. Im Haushalt der Wissenschaft verdienen diese Spaltpilze einen besonderen Platz, denn durch ihre bereits erwähnte Konidienbildung lassen sie den Schluß zu, daß die Pilze weiterentwickelte Bakterien sind, und durch die Eigenheit, daß sich Cladothrix dichotoma Cohn (Bild S. 136) zu kleinen Kolonien zusammenlegt, die ein verzweigtes Sträuchlein nachahmen, weisen sie auf die Übergänge von einzelliger zu sozialer Lebensweise, welche die Entwicklungslehre mit allen Sinnen zu beachten hat.

Von diesen dreifachen Beziehungen muß also noch einiges gesagt werden.

Crenothrix hat in Wasserleitungen und Brunnen mancher Städte schon zu wahrer Wassernot geführt, weil sie so üppig wuchert, daß sich die Röhren verstopfen

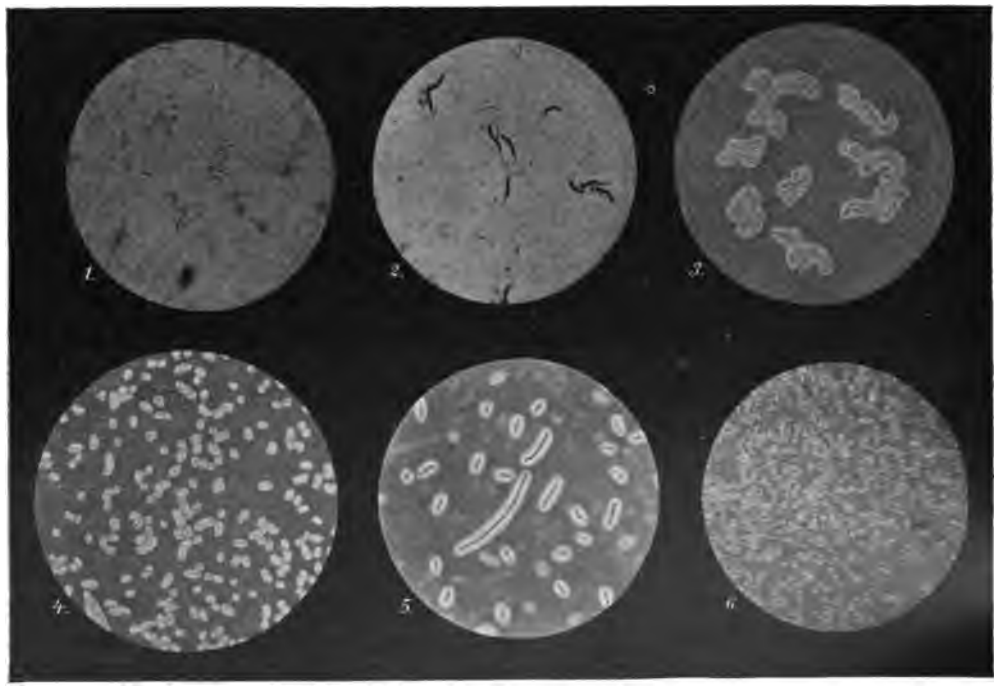
können, und weil sie das Wasser erst nach Eisen schmeckend, rostig, dann, wenn sie abstirbt, sogar faulig macht. Bedingung ihres Lebens ist die Anwesenheit von Eisen, das der Pilz als Eisenhydroxyd in seiner gallertigen Scheide ablagert. Seitdem man das weiß, hat man auch Erfolg in seiner Bekämpfung, die sich darauf richtet, daß man dem Wasser den Eisengehalt vor seinem Eintritt in die Rohrleitung entzieht.

In der Schlammflora stagnierender Wasser findet man fast alle diese nicht einmal so unansehnlichen Pflanzen (da ihre Fäden einige Millimeter lang werden) reichlich. Beggiatoa ist in jedem verunreinigten Wasser zu finden. Sie ist ein nie fehlender Bestandteil der Tiefseeflora (vgl. darüber Bd. I, S. 455 [Bild] und 462) und des Schlickes seichter Meeresbuchten, aber auch der Ausgüsse von Zucker- und Papierfabriken. Auch Cladothrix, Thiothrix und Streptothrix sind in watteartigen Filzen am Bodenschlamm stagnierender Pfützen ziemlich gemein. Sie führen dort ein von der Wissenschaft sehr unbeachtetes Dasein und sind doch wahrscheinlich höchst nützliche Wesen, die sich um die Hereinziehung und Verwertung von Abfallstoffen in den Kreislauf des Lebens sehr verdient machen. Der Prager Botaniker H. Molisch hat diesen vernachlässigten Fäulniswesen in neuester Zeit besondere Aufmerksamkeit gewidmet und wurde sofort belohnt durch die Entdeckung einer Menge neuer Fäulniswesen, von deren Dasein man keine Ahnung hatte. Er gibt in seinem Buche über die Purpurbakterien genaue Anleitung, wie man durch Aufgüsse auf gekochte Hühnereier, Heu, tote Schnecken, tote Seetiere massenhaft die interessantesten Purpurbakterien erzielen kann, wenn man nur dafür sorgt, daß der Sauerstoffzutritt möglichst erschwert wird, das Licht aber kräftig einwirken kann. Man kannte schon früher einige solcher

Purpurbakterien,

für die sich wohl der Name Rhodobacteriaceae empfiehlt. Solche Formen waren das große und seltene Chromatium Okeni (Bild 1, Bd. II, Tafel zu S. 42), Ophidomonas jenensis Ehrb. u. a. Ihnen gesellte sich nun eine Menge neuer Gattungen (Rhodocystis, Rhodonostoc, Rhodococcus, Rhodobacterium, Rhodobacillus, Rhodovibrio, Rhodospirillum) zu, die alle rosarot, violett oder karminrot gefärbt sind, da sie zweierlei Farbstoffe enthalten: das rote Bakteriopurpurin und das grüne Bakteriochlorin, das nach den Untersuchungen von Molisch etwas anderes zu sein scheint als das Chlorophyll und auch andere Fähigkeiten hat, nämlich im Lichte organische Substanzen assimilieren kann. Es tut sich also hier die Pforte zu einem weiten Reich der Naturgeschichte auf, in dem noch viele Entdeckungen zu machen sind, denn diese Purpurspaltpilze besitzen höchst eigenartige biologische Eigentümlichkeiten. Sie sind imstande, mit Hilfe des Lichtes organische Substanzen zu assimilieren, was neues Licht auf die physiologischen Kräfte der Pflanzenzelle wirft; sie verhalten sich überhaupt dem Licht gegenüber in so eigenempfindlicher Weise, daß man dadurch wohl auch als ärgster Mechanist verlockt wird, die „Empfindungshypothese“ von uns bösen Pflanzenpsychologen ein wenig näher zu prüfen. Molisch sagt darüber in seinem erwähnten Werke: „Es gibt wenige Erscheinungen auf dem Gebiete der Mikrobiologie, die den Beobachter in der Weise frappieren und in Erstaunen setzen, wie die ans Wunderbare grenzende Empfindlichkeit der Purpurbakterien gegen plötzliche Lichtintensitätsschwankungen.“ „Stellt man z. B. auf ein in gerader Linie dahinschwimmendes Rhodospirillum photometricum (das Mikroskop) ein und erzeugt man

mit der Hand vor dem Mikroskopspiegel einen ½—1 Sekunde dauernden Schatten, so fährt das Spirillum in derselben Geraden zurück. Dauert die Beschattung länger, etwa mehrere Sekunden, so tritt bei Beginn der Intensitätsschwankung eine momentane Rückbewegung ein, aber nur auf eine kurze Strecke. Oft bleibt das Spirillum, als ob es gelähmt wäre, einen Augenblick stehen, dann fährt es langsam hin und her, um bei plötzlicher Hebung der Lichtintensität wieder geradlinig davonzuschwimmen.



Purpurbakterien.
1 = Rhodobacillus palustris Mol., aus einer Reinkultur. 500fach vergrößert. 2 = Rhodospirillum photometricum Mol., mit gefärbten Geißeln. 500fach vergrößert. 3 = Rhodocystis gelatinosa Mol., lebende Kolonien in Tusche liegend, um den Schleimhof zu zeigen. 400fach vergrößert. 4 = Rhodonostoc capsulatum Mol., lebend in flüssiger Tusche. 300fach vergr. 5 = Rhodocapsa suspensa Mol. in Meerwasser. 300fach vergr. 6 = Rhodococcus capsulatus Mol. in flüssiger Tusche. 500fach vergrößert.
(Original-Mikrophotographien von Prof. H. Molisch-Prag.)

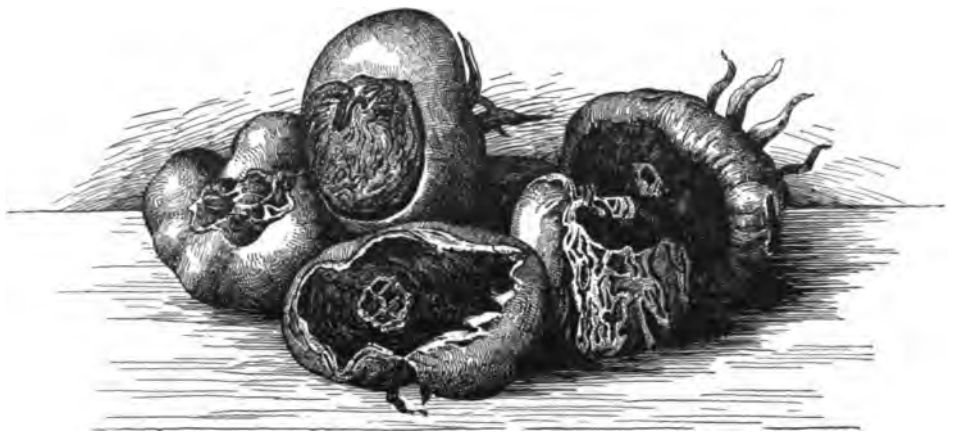
Trifft der Schatten ein Chromatium, so fährt es eine Strecke zurück, dreht sich, an einem Punkt verharrend, um seine Achse und schwimmt dann in beliebiger Richtung davon. Oder es schießt auf eine plötzliche Abdämpfung des Lichtes hin plötzlich, fast sprunghaft zurück, taumelt dann wie verwirrt unter langsamer Drehung hin und her und schwimmt dann wieder weiter." Man hat diese prompte Reaktion eine Schreckbewegung genannt und damit wohl zur Genüge verraten, daß man sie sich gar nicht anders erklären kann als durch Empfindung — woraus freilich dann logisch die ganze Pflanzenpsychologie folgt.

Die Sache hat übrigens noch einen anderen Hintergrund. Da man gefunden hat, daß auch die Euglenen und Algenschwärmsporen in schwächerem Maße solche „Schreckbewegungen" vollführen und da der „Augenfleck" besagter Wesen durch dasselbe Karotin rot gefärbt ist wie der Leib der Purpurbakterien, so liegt es auf der Hand, daß hiermit

ein neuer Beweis dafür gegeben ist, im Stigma der Schwärmzellen wirklich ein Sinnesorgan zur Lichtempfindung zu sehen — was die Pflanzenpsychologen auch mit vergnügtem Lächeln dankend quittieren werden.

So erweitert sich die Spaltpilzkunde in neuerer Zeit nach ganz ungeahnten Richtungen, und noch läßt es sich nicht sagen, welch wichtige und bedeutsame Naturerscheinungen sich auch noch mit dem Leben der Schizomyceten verknüpfen werden. Eine neue Anwendung der Bakteriologie möchte ich jedoch noch wenigstens in Kürze streifen, bevor ich dieses Kapitel schließe, und das sind die Bakterienkrankheiten der Pflanzen.

Seit einigen Jahren wird man in steigendem Maße darauf aufmerksam, daß die Bakterien im Pflanzenleben eine nicht weniger pathogene, krankheitserzeugende Rolle spielen, als bei Tier und Mensch. Vorläufig sind es nur wenige Krankheiten, als deren Erreger man Bakterien verdächtigt. Eine solche, die Mosaikkrankheit des Tabaks,



Die Bakterienkrankheit (Bakteriose) der Tomatenfrüchte in ihren einzelnen Stadien.
(Nach einem Original-Aquarell des Verfassers.)

habe ich schon erwähnt. Andere sind die Naßfäule der Kartoffeln, der sog. Hyazinthen- und Zwiebelrotz, der Bakterienbrand der Obstbäume, die sog. Gummosis des Weinstockes, die Bakteriose der Kohlrabi, Lupinen und Tomaten (siehe das Bild) und ein Teil des Wurzelbrandes der Zuckerrüben (siehe die Tafel: Bakteriose der Rüben). In allen diesen Fällen bewirken die Bakterien an weicheren Stengelteilen, Zwiebeln, Wurzelstöcken oder Früchten schleimige Faulstellen, die um sich fressen und langsam den ganzen befallenen Pflanzenteil in eine schmierige, dunkelgefärbte, in Fäulnis zerfallende Masse verwandeln, wie man das an den Bildern, die ich von solchen erkrankten Tomaten entworfen habe, in seinen einzelnen Stadien verfolgen kann.

Um welche Wesen es sich dabei handelt und welche Verheerungen die Bazillen anrichten können, darüber habe ich eigene Erfahrungen erworben durch meine mehrjährigen Studien über den Wurzelbrand der Zuckerrüben.

Den Landwirten unter meinen Lesern brauche ich wohl nicht erst zu beschreiben, woran man den Wurzelbrand der Zuckerrübenkeimlinge erkennen kann. Das Übel ist ihnen zu gut bekannt. Aber für die übrigen mußte ich naturgetreue Abbildungen besorgen und habe deshalb an der Bakterienfäule erkrankte Keimlinge und erwachsene

Pflanzen der Zuckerrübe auf der beigehefteten Farbentafel mit möglichster Sorgfalt gemalt. Mit deren Studium erspart sich auch lange Beschreibung. Man versteht ohne weiteres, warum Pflänzchen, deren Stengel so angefault ist, entkräftet zu Boden liegen, und wundert sich nicht, daß der Wurzelbrand* unsere Rübenfelder so oft dezimiert, sondern vielmehr darüber, daß solche Keimlinge manchmal noch ausheilen. Unter ungünstigen Lebensverhältnissen werden jedoch auch die erwachsenen Zuckerrüben befallen und gerade am edelsten Teil, an den Herzblättern, zerstört. Die Blätter werden schwarzbraun, schrumpfen und sterben ab. Und noch in einer dritten Form zeigt sich der unheimliche Gast. Die eingemieteten Rüben, d. h. jene großen Rübenmassen, welche sich die Zuckerfabriken zu Beginn der Kampagne aufspeichern müssen, ebenso die kostbaren Mutterrüben und Stecklinge, die dem Rübenzüchter die Träger der durch Polarisation erkannten hochgezüchteten Eigenschaften sind und wintersüber im Keller verwahrt werden, sind da auch nicht geschützt vor den Bazillen. Von außen erkennt man dabei gar nichts von dem Leiden, das im „Rübenfleisch" weiterfrißt und es zur höchst unappetitlichen, fauligen Masse zersetzt (siehe die Tafel). Die Krankheit zeigte sich außer in unserer Heimat noch in Österreich, Ungarn, Holland, Frankreich und Rußland und bedeutet, im einzelnen zwar nicht übermäßig auffällig, im ganzen doch eine Schädigung der Volkswohlfahrt, bei deren Schätzung man an viele Millionen denken muß.

Wer dem Übel steuert, kann ein reicher Mann werden. Aber heute ist kaum erst seine Ursache erkannt. Wir haben aus erkrankten Keimlingen und Rüben Bacillus subtilis, B. fluorescens liquefaciens, B. liquefaciens, B. mesentericus vulgatus und B. mycoides isolieren können, also eine Schar gleichgültiger Wasser- und Fäulnisspaltpilze, von denen sich jedoch der letzte als der eigentliche Übeltäter verriet. Aber auch er ist an Vorbedingungen gebunden, und damit ist auch in der Lehre von den bakteriösen Pflanzenkrankheiten dieselbe Bedenklichkeit am Platze, wie in der Infektionslehre der Menschenärzte. Schlechte (naßkalte) Witterung schafft die eigentliche Prädisposition, unzweckmäßige Kultur, Schwächung durch Insektenfraß, Verweichlichung, Überdüngung wirkt ähnlich. Jedenfalls wird erst durch ein gewisses Kränkeln den Bazillen der geeignete Nährboden geschaffen, und ich konnte als Pflanzenarzt den Hilfesuchenden auch keinen anderen Rat geben, als den uns heute immer wieder auch die Menschenärzte an das Herz legen: Meidet allerdings überflüssige Gelegenheit zur Infektion, aber sucht noch mehr Gelegenheit zur Herstellung einer normalen Lebenslage und voller Gesundheit! Das wird euch vor Leiden behüten, die, wenn sie einmal ausgebrochen sind, eigentlich nur noch an der Weiterverbreitung gehindert und beschränkt werden können, deren Heilung aber allein der wunderbaren Organintelligenz des lebenden Körpers überlassen werden muß. Wir können ihr zwar den Weg bereiten und die Teleologie des lebendigen Wirkens unterstützen — wir können sie aber nicht hervorrufen oder durch Kunstmittel ersetzen, und verehrungsvoll beugen wir uns vor der Göttlichkeit der Natur, die aus diesem Wirken des eigenen Leibes zu uns spricht. Wie Nietzsche das einst hellsehend sagte: Der Leib ist die große Vernunft, und der Verstand nur die hochmütig gewordene kleine ....

Das ist heute und wohl noch auf lange hinaus das letzte Wort der Bakteriologie.

* der allerdings nicht von Bakterien allein, sondern auch noch, wie später des breiteren ausgeführt wird, von den Pilzen Phoma und Pythium verursacht wird.

Keimlinge
eines mit Bacillus mycoides
infizierten Knäuels.

an Bakteriosis
leidende Zuckerrübe

Querschnitt
durch eine kranke
Rübe

überwinterte
Rübe in bakteriöser
Fäulnis

Rübenkeimlinge
erkrankt.

KOSMOS
STUTTGART

DER WURZELBRAND DER ZUCKERRÜBE (BACTERIOSIS).
NACH DER NATUR GEMALT VON R. H. FRANCÉ.

UNIV
OF
MIC

Benützte Schriften, zugleich geeignet zur weiteren Belehrung.*

Über die Naturgeschichte der Bakterien:

1. W. Migula, Die Bakterien. Leipzig. 8°. 1891.
2. A. Fischer, Vorlesungen über Bakterien. Jena. 8°. II. Aufl. 1903.
3. H. Molisch, Die Purpurbakterien. Eine mikrobiologische Studie. Jena. 8°. 1907.

Über technische und pathogene Bakterien:

4. Flügge, Die Mikroorganismen. II. Aufl. 8°. 1886.
5. Fr. Lafar, Technische Mykologie. Bd. I. Jena. 8°. 1897.
6. M. Schottelius, Bakterien, Infektionskrankheiten und deren Bekämpfung. Stuttgart. 8°. II. Aufl. 1907.
7. W. Winogradsky, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Bakterien. 8°. 1888.

Über die Theorie der Bekämpfung infektiöser Krankheiten:

8. Metschnikoff, L'Immunité dans les maladies infectieuses. Paris. 8°. 1901.
9. P. Ehrlich, Gesammelte Arbeiten zur Immunitätsforschg. Frankfurt a. M. 1904.
10. E. v. Dungern, Die Antikörper. 8°. 1903.
11. R. P. v. Calcar, Die Fortschritte d. Immunitäts- u. Spezifitätslehre seit 1870. (Progressus Rei botanicae. 1907.)

Über bakteriöse Pflanzenkrankheiten:

12. P. Sorauer, Handbuch d. Pflanzenkrankheiten. I—II. Berlin. 8°. II. Aufl. 1906.
13. G. Linhart — R. Francé — D. Hegyi — A répamag betegségei és répabetegségek. (Krankheiten des Rübensamens und Rübenkrankheiten.) [Nur ung.] Kisérletügyi Közlemények. 8°. 1901.

* soweit sie nicht im Text erwähnt sind.

Die Spaltfalgen.

„Ich weiß nicht mehr, war es im Jahre 1848 oder 1849, als ich an einem Sommerabend in Reutlingen bei anhaltend trockenem Wetter den ganz klaren Himmel beobachtete und hier eine Unzahl von Sternschnuppen fallen sah. Sie fielen in allen Richtungen. Der Himmel bildete ein Netz von Lichtstreifen kreuz und quer. Einzelne sah ich in einem Winkel sich bewegen, als ob sie von einem Gegenstand in der Atmosphäre abgesprungen wären. Plötzlich hörte ich über den Wald her (hinter mir) Zischen und Sausen und, nachdem ich es 2—3 Sekunden gehört, einen Fall hinter mir in der Entfernung von 3—4 Schritten. Beim Auffallen tat es, wie wenn eine mit Luft gefüllte Ochsenblase zersprengt würde.

„Ich drehte mich rasch um und suchte den offenbar gefallenen Gegenstand. Da ich aber einen solchen wegen der Dunkelheit nicht sofort unterscheiden konnte, so bezeichnete ich die Stelle, wo der Fall stattgefunden haben mußte, mit meinem Stocke, um am andern Tag dieselbe wieder aufzusuchen.

„In aller Frühe des andern Tages begab ich mich auf den Platz und fand wirklich nur einen Meter von der durch den Stock bezeichneten Stelle eine gallertartige Kugel, bestehend wieder aus Kugeln von Rostfarbe. Sie lag auf dem dünnen Grase; unten hatte sich eine Fläche plattgedrückt. Der Durchmesser der Kugel war 30 cm. Ich stieß sie mit dem Fuße an; sie kam in zitternde Bewegung. Nun berührte ich sie. Sie war klebrig, es blieb aber von der Substanz nichts an den Fingern hängen. Nun komme ich an die nähere Beschreibung der Kugel. Sie bestand aus rostfarbenen, runden Körpern, welche aneinanderlagen, ohne daß ich ganz scharfe Grenzlinien wahrgenommen hätte. Eine dieser Kugeln war 4 cm groß, die meisten kleiner bis zu 2 cm. Im Innern der Kugeln bemerkte ich fadenförmige Linien von dunkler, sogar von schwarzer Farbe. Das Ganze hatte ungefähr das Aussehen eines dunkelgelben Froschlaichklumpens mit Fäden durchzogen, wodurch es sich eben, sowie durch die verschiedene Größe der Kugeln, ganz unzweifelhaft von Froschlaich unterschied.

„Ich wußte nichts mit dem Ding zu tun. Der Klumpen erregte Ekel in mir, und ich ließ ihn liegen. Aber ich hatte keinen anderen Glauben, als daß er ein Meteor sei. Nach einigen Tagen war nichts mehr davon zu sehen. Einen Eindruck im Boden hinterließ die Kugel nicht; ich habe sie nicht umgekehrt, sie blieb also auf der Erde liegen, wo sie nach und nach eingetrocknet sein muß."

Dies ist eine jener Beobachtungen*, die von Zeit zu Zeit über sonderbare Meteorfälle auftauchen und unter den Menschen schon viel Schrecken und Sorge verbreitet haben, da der primitive Geist nur zu sehr gewöhnt ist, nach Außerordentlichem auch außergewöhnliche Folgen zu erwarten. Die Wissenschaft will von der Möglichkeit, daß solche unzweifelhaft organische Massen kosmischen Ursprungs sein können, nichts wissen, und jede auch von dem unabhängigsten Denken getragene Erwägung muß in diesem Fall der Gelehrsamkeit beipflichten.

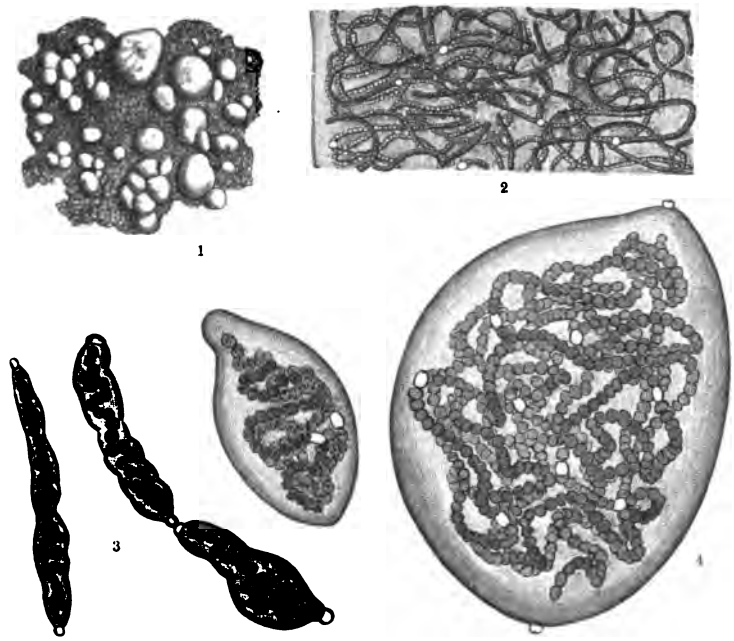
Ich habe den Fall in seiner Ausführlichkeit eingerückt, um daran die Lehre zu erweisen, wie wenig im allgemeinen auf von Laien angestellte Beobachtungen zu

---

* Aus den Jahresheften des Vereins für vaterländ. Naturkunde in Württemberg. 1882.

geben ist. Der Beobachter der fraglichen „Gallertmeteoriten" hat nicht daran gedacht, den Fund auf seinen chemischen und mikroskopischen Bau hin zu prüfen, er hat nicht Sorge getragen, ihn unmittelbar nach seinem angeblichen Niederfallen zu verifizieren, sondern ist am nächsten Tage hinausgegangen und hat den nächstbesten fremdartigen Gegenstand im Umkreise des von ihm auch nicht festgestellten vermeintlichen Fallortes als Himmelsboten angesehen. Und auf so unzuverlässige Meinungen hin vermehrt sich die Literatur der „Gallertmeteoritenfälle".

Es ist ein höchst belehrendes Beispiel dafür, wie jene vielen hohlen Behauptungen und „Wunder" zustande kommen, von denen die Geschichte der Menschheit so unendlich viel zu erzählen weiß, und die sich neuestens durch die Bemühungen schreibgewandter und redegewaltiger Agitatoren zu einer wahren „Gegenwissenschaft" des Okkultismus verdichten.



Zittertang (Nostoc sphaericum Vauch.).
1 = Lager in natürlicher Größe. 2 = Durchschnitt durch ein Lager mit den Zellfäden. 150fach vergr. 3—4 = Junge und heranwachsende Kolonie. 330fach vergr. (Nach Thuret.)

Aber dieses Beispiel belehrt auch darüber, daß in dem interessant glitzernden Wust von Einbildung und Unsinn doch immer wieder wirkliche Tatsachen begraben sind, die freilich, wenn sie im kalten klaren Tageslicht des kritischen Verstandes dastehen, für die sensationslüsterne Menge den ganzen Zauber des Wunderbaren verloren haben. Sie sind als Naturtatsachen nicht aufregender und wertvoller, als etwa die Phänomene der Elektrizität und der Hypnose, die man einst auch als „okkultistische Phänomene" und „Wunder" auszubeuten verstand. Die unbestreitbare Wirklichkeit, die hinter den absonderlichen Gallertmeteoriten steckt, ist das plötzliche Auftauchen und Verschwinden von Gallertmassen in Wiesen und Auen. Soweit daran nicht Froschlaich beteiligt ist, handelt es sich bei solchen Behauptungen, denen man wissenschaftlich gründlich nachgegangen ist, gewöhnlich um Spaltalgen, nämlich große Kolonien des gemeinen Zittertangs (Nostoc commune Vauch. [siehe das Bild]).

Von allen Spaltalgen ist diese die berühmteste geworden, durch die unheimlich-unappetitliche Art ihres Auftretens. Wenn heute der gemeine Mann, der durch die triefenden Spätherbstwälder geht und manchmal allenthalben im modernden Laube

die gequollenen Massen des Zittertangs verstreut findet, in seiner Einfalt darin Sternschnuppen sieht, „weil auch die Himmelslichter geschneuzt werden", so war das früher, da das Verhältnis zur Natur noch mehr zum Schreckhaften neigte und unter dem Einfluß der stets wiederholten Lehre von der Teufelhaftigkeit des Natürlichen, die Phantasie immer nach Zerrbildern jagte, oft und oft der Anstoß zur herzlosesten aller Missetaten, die das Gewissen der Menschheit bedrücken. Man gab die Nostokkolonien für — erbrochene Speisen aus, als Überreste der Teufelsmahlzeiten der Hexen auf ihren Tanzplätzen. . . . .

Es ist also gerade kein freundliches Präludium, mit dem die Naturgeschichte der Spaltalgen unser Interesse zu erwecken sucht, und was der Anfang verheißt, hält auch die Fortsetzung: diese Wesen sind einförmig, wenig anziehend und füllen ein wenig bedeutsames Blatt im Buche der Natur aus — wir werden sie daher auch kurz abtun können.

Um von vornherein in den Begriff der Spaltalgen mehr Bekanntes zu legen, sei vorausgeschickt, daß man zu ihnen außer Nostok auch noch die bereits vielfach erwähnten Schwingfäden (Oszillarien, Bild s. Bd. I, S. 456) und eine große Zahl von einzelligen und kolonien- oder fädenbildenden Wesen zählt, die sich in ihrer Vermehrung genau so wie die Bakterien verhalten, sich also einfach spalten, aber auch Konidien und Dauerzellen, jedoch nie Geschlechtsorgane bilden. Sie lassen sich von den Spaltpilzen, denen gegenüber die Grenzen völlig verwischt sind, nur dadurch sondern, daß sie blaue, blaugrüne und von da bis zum Rötlichen alle Farben spielende Inhaltkörper führen. Deshalb nannte man sie früher auch Cyanophyceen, d. h. Blaualgen, und dieser Name, der den Vorzug hat, daß man durch ihn gleich das kennzeichnendste Merkmal der ganzen Gruppe im Gedächtnis behält, wird noch heute viel angewendet.

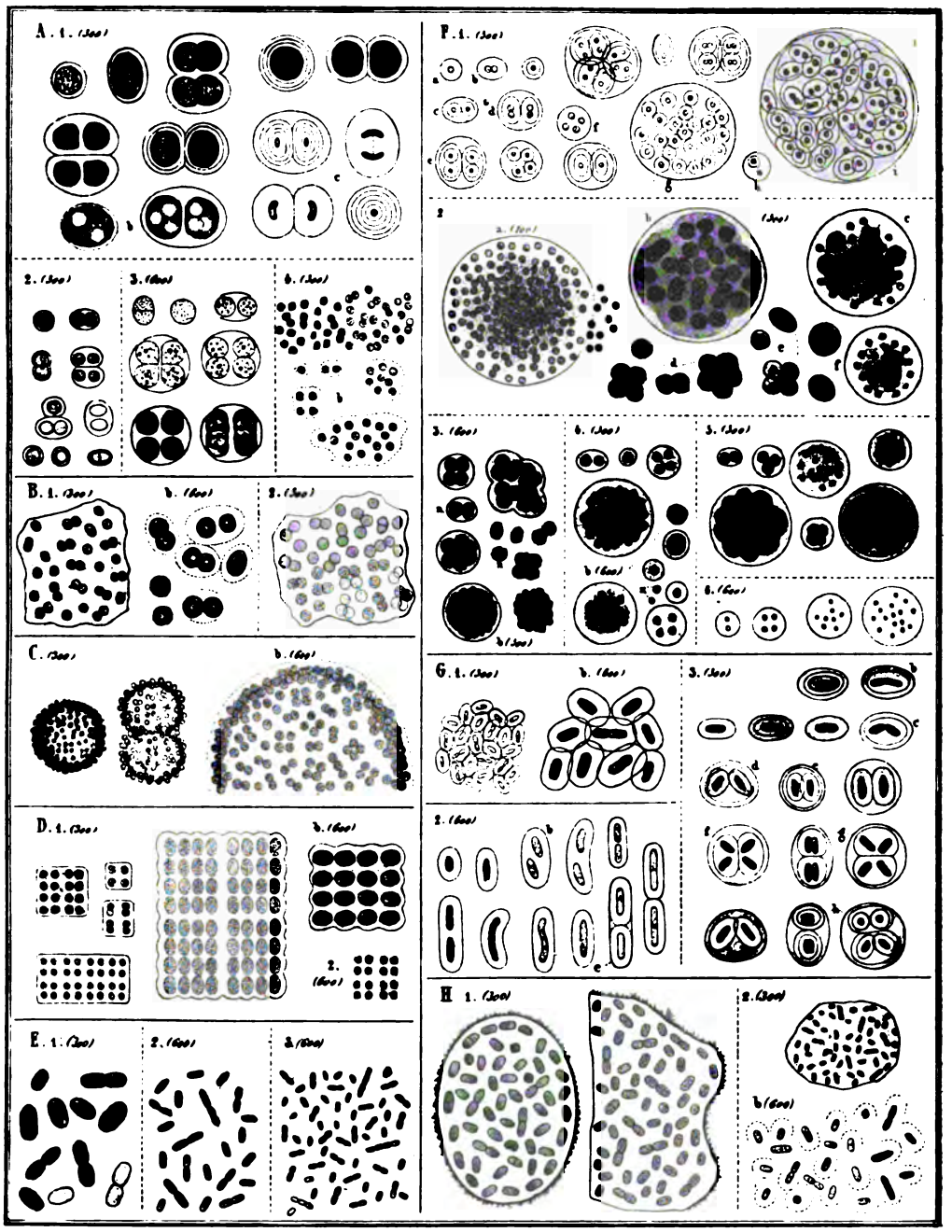
Wenn die massenhafte Verbreitung an sich schon Bedeutung verleihen würde, so müßten die Spaltalgen zu den wichtigsten Bewohnern der Erde gehören, denn sie bevölkern nicht nur den Grundschlamm der Gewässer, den Meeresschlick, das Watt, sondern steigen auch in die großen Meeres- und Seentiefen, wo kein Lichtstrahl hinkommt. Sie bilden in Seen und im Ozean „Wasserblüten", d. h. so massenhafte Ansammlungen, daß sie dem betreffenden Wasserstrich sein eigenes Gepräge geben und dem „roten Meer" sogar zu seinem Namen verholfen haben. Sie steigen unerschrocken in heiße Quellen. Berühmte Fundorte sind für solche Thermalalgen die euganeischen Quellen bei Padua, und die Geisire des Yellowstoneparkes, wo Phormidium laminosum noch in 85° C heißem Wasser lebt, am besten allerdings bei 54—69° C gedeiht.*

Doch nicht genug damit: die Blaualgen getrauen sich auch auf das Land, in die fürchterliche Trockenheit. Sie siedeln sich an Felsen und Bäumen an, ja, im Bunde mit Pilzen wagen sie (dem Auge sich in Flechtengestalt zeigend) gerade die dürrsten Orte, die Hochgebirgsfelswände, Hausmauern und Baumrinden aufzusuchen und tragen

---

* In Thermen findet man gewöhnlich: Mastigocladus (Karlsbader Sprudel), Oscillaria animalis C. A. Ag., Spirulina Nägelii Br., Phormidium valderianum Gom., Symploca thermalis (Kg.) Gom. In den Thermen der Margaretheninsel (35—40° C) bei Budapest fand ich z. B. Gloeocapsa fulva Kg., Mastigocladus laminosus Kg., Mastigonema thermale Schr., Hypheothrix aeruginea Rab., Merismopoedia violacea Kg., Oscillatoria tenuis, chalybaea, Phormidium laminosum C. A. Ag., Chroococcus turgidus (Kg.) Näg. usw.

mit beispielloser Zähigkeit die Qualen, die den das feuchte Element gewöhnten Algen solch ein sonnen- und luftreiches Dasein auferlegen muß.



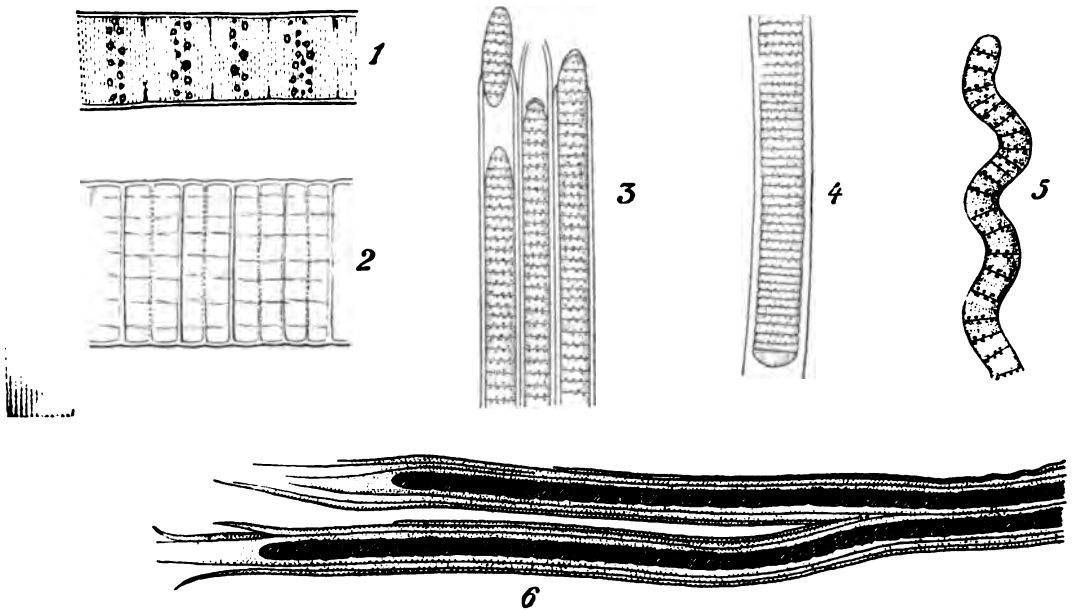
Farbkugeln (Chroococceen).
A = Chroococcus, B = Aphanocapsa, C = Coelosphaerium, D = Merismopoedia, E = Synechococcus, F = Gloeocapsa, G = Gloeothece, H = Aphanothece. 300—600fach vergrößert.
(Faksimile aus C. Nägeli, Gattungen einzelliger Algen. Zürich. 1849.)

Diese wunderbare Anpassungskraft legt die Vermutung nahe, daß vielleicht gerade diese Wesen die Überbleibsel jener Urzellen sind, die es zuerst wagen konnten, das heiße Urmeer der jugendlichen Erde mit Leben zu durchsetzen. Kein Zweifel, die ersten Lebewesen müssen Thermalalgen gewesen sein, und insofern blickt man mit Sympathie auf die Vermutung von Ernst Haeckel, der die einzellige Spaltalge Chroococcus für das einfachste und daher auch wohl älteste Lebewesen erklärt (Bild S. 147).

Seine besondere Einfachheit besteht nämlich darin, daß ihm, wie allen Blaualgen, zwar Assimilationsfähigkeit zukommt, ein besonderer Farbstoffträger jedoch abgeht. Für die Wissenschaft gewinnen dadurch die Blaualgen ganz besonderes Interesse, und dieserhalb wurden sie so viel untersucht, daß man ihren feinen Bau besser kennt, als den vieler auffälliger Wesen. Sie nehmen alle Formen an, die uns von den Bakterien bekannt sind; einzellig sind die Chrookokken, in lockeren Kolonien leben beisammen Gloeocapsa, Clathrocystis oder Merismopoedia (siehe die Bilder); in Fäden mit oder ohne Hüllscheiden die Oszillatorien, Lyngbya, Stigonema und die große Schar der fädigen Blaualgen, die man gewöhnlich an von Wasser überrieselten Felswänden, in Gebirgsbächen, an Mühlenrädern in langen zottigen, schmutzigen Bärten fluten und wallen sieht. Auch die höchste Lebensform ist jedoch nur eine Summe der einfachsten, und nicht eine Potenz — nur eine Zellenanhäufung und nicht ein Organismus. Jede Zelle ist wie ein Chroococcus, und jedes dieser „Farbenkügelchen" ist folgendermaßen gebaut: Eine Zellhaut umschließt das Ganze, und diese Zellhaut hat immer Neigung, Gallerte zu bilden. Sie quillt auf und schließt die Fäden in schützende Scheiden ein — solche teilt man in die Familien der Oscillatoriaceae, Hormogoneae, Stigonemataceae usw. — oder sie sondert sich in immer wieder neuen Nachschüben ab und umhüllt die Zelle wie die Schalen einer Zwiebel (Chroococcus), was im Kleinseher mit den lichten Ringen um die anmutig bläulich-schimmernde Zelle höchst ästhetisch wirkt. Oder es trägt jede Zelle seine Schleimblase um sich; sie hüllen sich eine in die andere (Gloeocapsa), was ein sehr eigenartiges Bild gibt (vergl. das Bild auf S. 147). Die Zelle, die in solch weichem Futteral steckt, wurde von A. Fischer, O. Bütschli, R. Hegler, aber namentlich von dem schlesischen Algenforscher G. Hieronymus liebevoll durchforscht. Gemeinhin bestätigte sich der Wabenbau, den ich nebenstehend nach meinen eigenen Studien von Oszillarien abbilden ließ. Die äußerste Schicht dieser Waben (oder Granula) ist mit dem Farbstoff imprägniert, die inneren (die man als Zentralkörper bezeichnet) enthalten nur Reservestoffe. Über die Farbstoffschicht zieht sich noch ein feiner Plasmabelag, den ich mit Hieronymus übereinstimmend als aus feinen Granulafäden zusammengesetzt finde, und in dem sich allerlei abgeschiedene Körnchen, Gerbstoffe, Fette usw. ablagern. Es liegt also derselbe Bau wie bei den Bakterien vor. Auch hier streitet man sich über das Vorhandensein eines Zellkernes, auch hier kann man noch nicht ganz Gewisses über die physiologische Bedeutung der Farbstoffe behaupten.

Dieser Farbstoff ist ein höchst eigenes Ding. Meist blaugrün, oft olivengrün, manchmal spangrün, aber auch reinblau, rosenrot, gelbbraun, braungrün oder violett, scheint er eine Mischung von reinem Chlorophyll und einem blauen Stoffe zu sein (Phycocyan). Man muß darüber in den Arbeiten von Molisch und Engelmann nachlesen und wird mir dann beipflichten, wenn ich behaupte, daß es zu gewagt ist,

über die wirkliche Bedeutung dieses gefärbten Eiweißkörpers seinen Spruch abzugeben. Alle Wahrscheinlichkeit spricht aber für folgendes: Die Blaualgen nützen andere Strahlen des Lichtes aus als die Grünalgen. Sie wachsen auch meist an Orten, denen (durch Verunreinigung des Wassers) anderes Licht zukommt, als in einen reinen Teich einströmt, oder die ganz im Dunklen liegen. Also mag der besondere Farbstoff auch eine Sonderanpassung an die Lebensweise sein und damit ein Zeichen, daß die lebenden Wesen es vorziehen, sich durch ihre Anpassungskraft gütlich in die Lebensmittel zu teilen, statt mit Roheit darum zu kämpfen. Das hat Gaidukow neuerdings auch durch Experimente bewiesen.



Schwingfäden.

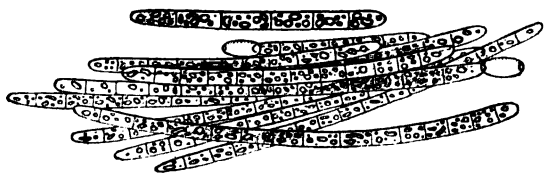
1 = Oscillatoria brevis Kg., einige Zellen mit dem charakteristischen Wabenbau. 800fach vergrößert. 2 = Osc. Lenius mit Exkretkörnchen. 800fach vergrößert. 3 = Phormidium subfuscum Kg. mit Hormogonienbildung. 570fach vergrößert. 4 = Symplocastrum Friesii (Ag.) Kirch. 600fach vergrößert. 5 = Spirulina major Kg. 800fach vergr. 6 = Lyngbya aestuarii Liebm. 570fach vergr.
(1—2 Originale des Verfassers. Die übrigen Bilder nach Gomont und Kirchner.)

Da wir uns schon in das Reich der Vermutungen begeben haben, mag hier auch das Wenige Platz finden, was man über die Bewegungen der Spaltalgen weiß. Der deutsche Name der Oszillarien: nämlich Schwingfäden, deutet diese Beweglichkeit bereits an. Wenn man aus einem Wasserlauf oder von einer feuchten Mauer oder Felswand den dunkelgrünen Filz abhebt, zu dem sich die Oszillarien verweben, und ein Stückchen davon auf nasses Papier legt, werden die Fäden dadurch zu lebhaften Kriechbewegungen angeregt, und schon nach kurzer Zeit haben sie sich auf dem Papier strahlenförmig ausgebreitet. Unter dem Kleinseher mutet diese Beweglichkeit höchst unbegreiflich an. Man sieht, wie die Fäden aneinander vorübergleiten, erkennt, daß sie dabei sich um die Längsachse drehen; manche, die ohnedies in Spiralwindungen geformt sind (Spirulina), bohren im Wasser wie ein Bohrer herum, ohne daß man sagen kann, welcher Mechanismus sie bewege. R. Kolkwitz, ein Berliner Botaniker,

hat diese Vorgänge neuestens mit Inbrunst studiert und fand, daß das Zustandekommen der Bewegung davon abhängig ist, ob sich die Fäden mittels einer Gallertscheide festheften können. Sie gewinnen an ihr einen festen Stützpunkt, an dem sie sich gewissermaßen mit solcher Kraft vorwärtsschieben, daß sie in einer Minute $^1/_4$ mm zurücklegen. Das ist zwar noch unter dem Schneckentempo, doch eine große Leistung für einen mikroskopisch kleinen, schwachen Faden und in seiner Unerklärlichkeit eine der fesselndsten Naturerscheinungen, die zu betrachten kein Naturfreund versäumen sollte.

Auch die Nostokaceen besitzen solche Beweglichkeit und kriechen mit Vorliebe in die großen porösen Zellen der Torfmoose (Sphagnum) und auch in die Gewebe mancher Lebermoose (Anthocera), wo sie in einer Art gemeinschaftlichen Haushaltes leben.

Bei der Vermehrung der meisten Blaualgen frommt die Beweglichkeit zu besonderem Nutzen. Die fädigen Formen entwickeln nämlich regelmäßig kurze Bewegungsfäden, die man früher als besondere Lebensform unter dem Namen Hormogonium (s. das Bild auf S. 159) beschrieb, von denen man aber heute weiß, daß sie nur einen anderen Platz aufsuchende Ableger sind, die bald zur Ruhe kommen und durch rasch einsetzende Zellteilungen ein neues „Lager" begründen. Aus diesen Hormogonien vermehren sich die einfacheren Formen durch Teilung, die zierlichen Chamaesiphon-Arten (s. das Bild auf S. 151) auch durch Konidien, d. h. einzellige Vermehrungskörper, die abfallen und ebenso auswachsen wie die Hormogonien.

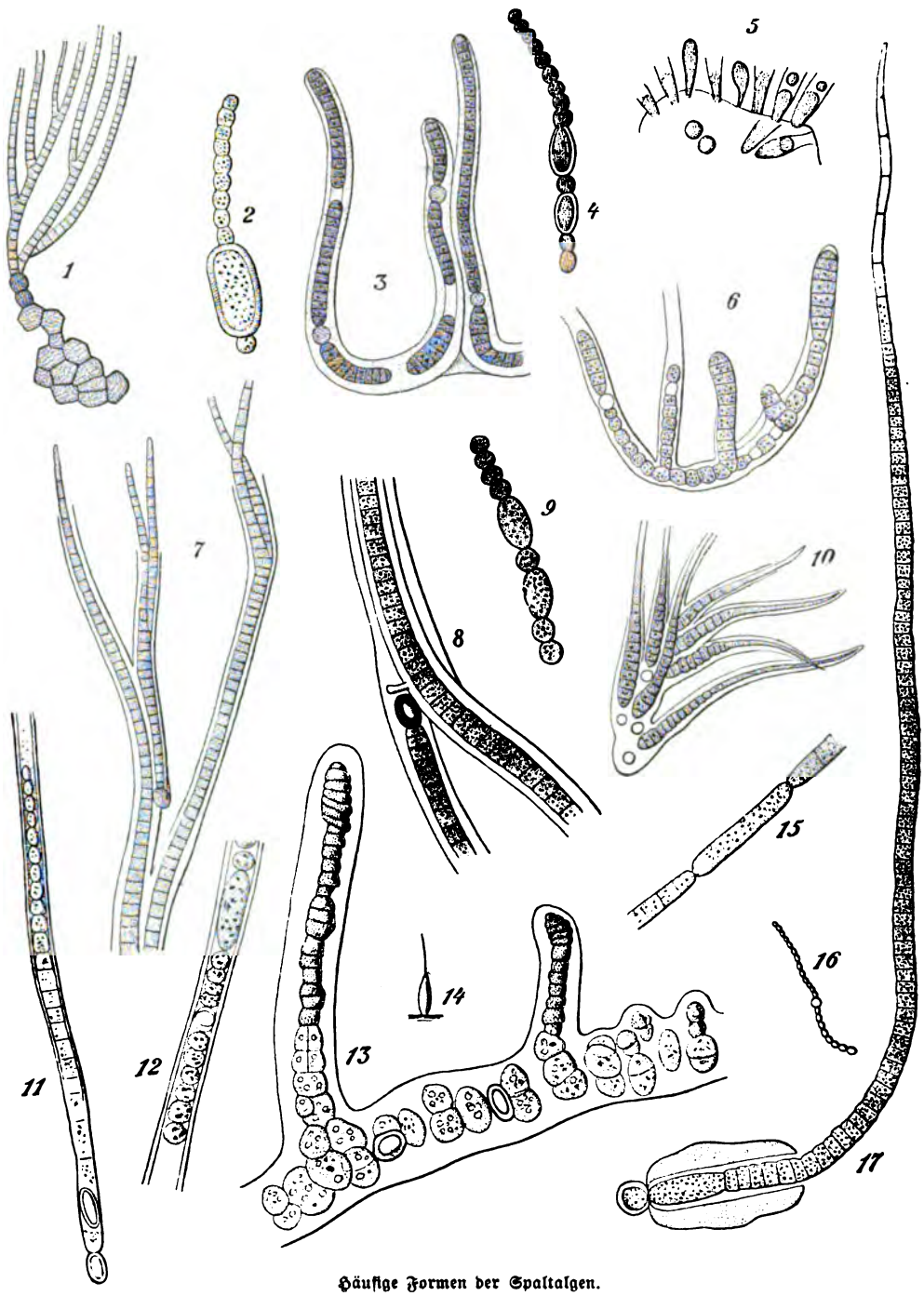


Aphanizomenon flos aquae Bréb., Flöckchen aus einer „Wasserblüte" mit Grenzzellen. 400fach vergrößert. (Originalzeichnung des Verfassers.)

Mit tiefem Erstaunen betrachtet man diese verachteten und höchst einfachen Geschöpfe, in denen sich das Leben bereits so sinnig auswirkt, daß man sich ernstlich fragen muß, ob denn diese Beweglichkeit der Fortpflanzungszellen nicht schon eine Art Instinkt darstellt, der die Fäden treibt, im Dienste der Lebenssicherung einen noch unbesiedelten Platz aufzusuchen? Besonders wenn man von den Erforschern dieser einfachen Welt hört, daß die gleichen Wesen auch imstande sind, durch geeignete Schutzmittel ungünstige Perioden zu überstehen. Sie bilden dann Dauersporen so wie die Infusorien, mit aufgespeicherten Reservestoffen und festen, widerstandsfähigen Hüllen.

Leider kommt man immer mehr von der Hoffnung zurück, daß sich das Wesen des Lebens an diesen primitiven Organismen besser erkennen lasse als in der Verwicklung, die es erst im Menschenhirne erreicht hat. Merkt man doch mit Überraschung, wie es schon im einfachsten so vielverflochten und unbegreiflich in seiner Wesensart ist, daß wir noch auf lange hinaus die Hoffnung aufgeben müssen, es auch nur im Kirchhoffschen Sinne zu erklären, d. h. in allen seinen Eigenschaften erschöpfend zu beschreiben. Wie viel weniger also blüht uns die Aussicht, es in seiner ganzen Wesenseigenheit inhaltlich-kausal begrifflich zu erfassen.

Diese Mutlosigkeit befiel uns schon angesichts der Bakterien — sie wird nicht behoben, wenn man durch das nähere Studieren der Spaltalgen merkt, daß wir noch nicht einmal imstande sind, die vorbereitende Stufe jeder Naturerkenntnis festzulegen und in das Wirrsal lebender Formen sichere systematische Gliederung zu bringen. Dank



Häufige Formen der Spaltalgen.

1 = Amphithrix ianthina Born et Flah. 2 = Cylindrospermum stagnale et Flah. 3 = Scytonema figuratum Ag. 4 = Kugelkette (Anabaena oscillarioides Bory). 5 = Chamaesiphon confervicola A. Br. 6 = Hapalosiphon pumilus Kirchn. 7 = Dichothrix Orsiniana Born et Flah. 8 = Tolypothrix penicillata Thur. 9 = Anabaena circinalis Rab. 10 = Rivularia minutula Born et Flah. 11 = Microchaete tenera Thur. 12 = Aulosira laxa Kirch. 13 = Stigonema ocellatum Thur. 14 = Clastidium setigerum Kirch. 15 = Aphanizomenon Flos aquae Allm. 16 = Isocystis infusionum Bz i. 17 = Gloeotrichia natans Rabh. Stark vergrößert. (Nach Kirchner.)

den Bemühungen namentlich französischer und italienischer Naturforscher (Thuret, Gomont, Bornet, Flahault, Borzi), die sich — wie es scheint — mit besonderer Vorliebe diesem nicht gerade ästhetischen Zweig der Forschung zuwandten, unterscheiden wir heute eine ganze Anzahl Familien und über 100 Gattungen mit bedeutend mehr Arten. Aber ein großer Teil dieses Wissens ist als provisorisch zu betrachten, denn immer deutlicher stellt es sich heraus, daß die Blaualgen zu großem Formenwechsel befähigt sind. Namentlich die einzelligen Gattungen, von denen ich eine wahre Musterkarte als Faksimile dem Werke des Schweizers Carl Nägeli entnehmen ließ (S. 147), sind in solcher Hinsicht verdächtig geworden, und es mehren sich die Stimmen, die sie für zerfallene fädige Spaltalgen halten. Gewisses darüber läßt sich allerdings so lange nicht ausmachen, bis man nicht durch Reinkulturen mit den Methoden der Bakteriologie die eine Form in die andere hat überführen können, worauf hiermit jene vielen Doktoranden und in ihrem Privatlaboratorium ernstlich arbeitenden Naturfreunde ausdrücklich aufmerksam gemacht seien, die sich an mich um Rat wegen Wahl eines Arbeitsthemas zu wenden pflegen.

Ich führe also die Gattungen Chroococcus, Synechococcus, Gloeocapsa, Gloeothece, Aphanocapsa u. a. nur unter solchem Vorbehalt hier an, und möchte es überhaupt vermeiden, mich allzuviel in das System der Blaualgen zu verlieren, da es ganz ungemein verzweigt ist, daher sehr weit führen würde. Die einfache Chroococcus-Zelle und ihre soziale Form, wie sie dem Forscher im Zittertangfaden entgegentritt, haben es zu einer außergewöhnlichen Variabilität gebracht, die man vielleicht auch als Zeichen dessen ansehen kann, daß diese Wesen zu den ältesten aller pflanzlichen Lebensformen gehören, wofür sich ja schon auch im bisherigen mancher Punkt notieren ließ. Sie variieren mit ausschweifender Langweiligkeit und vollführen zahllose Permutationen ihrer Zelleneigenschaften. Es gibt eine Anzahl Chrookokken, die sich nach mehreren Richtungen des Raumes teilen, die ihre Generationen in verschiedener Weise ineinanderschachteln, die dadurch ihre beisammenbleibenden Kindeskinder (was man ein Lager nennt) in gestaltlose, kugelige, traubige, tafelförmige, hohlkugelige Gruppen einigen und sich an andere Algen aufsetzen (Chamaesiphoneae). Ebenso gibt es einfache Oszillarienfäden, die sich zu Flöckchen zusammenlegen (Trichodesmium), zu gedrehten Bündeln vereinigen (Xanthotrichum), oder sich selbst zum Schraubenzieher zusammendrehen (dann Arthrospira genannt, wenn vielzellig, Spirulina, wenn einzellig). Oder sie sondern Futterale ab und zwar jeder Faden eines (Phormidium, wenn die Scheide schleimig, Lyngbya, Hypheothrix und Symploca*, wenn sie derb und häutig ist) oder mehrere zusammen nur eines (Hydrocoleum, Symplocastrum*, Schizothrix usw.) Es wiederholen sich hiermit eigentlich in blaugrüner Ausgabe nur die Bakterienformen; den Mikrokokken entspricht dabei Chroococcus, dem Spirillum hier Spirulina, dem Bacillus nun Oscillatoria, den Chlamydobakterien die mit Scheiden versehenen Oszillarien. So hat auch Streptococcus sein Gegenbild in Nostoc, das dem Leuconostoc zum Verwechseln ähnlich wäre, wenn es nicht größer wäre. Die Syctonema-Arten haben dieselben falschen Verzweigungen wie ihre winzigen Bakteriengenossen Cladothrix; sonst unter-

* nach Art des Lagers voneinander verschieden.

scheidet sich Sytonema, Tolypotrix nur durch das Vorhandensein von Grenzzellen von Oszillatorien, und Plectonema nicht einmal hierdurch. Erst die Stigonemataceen sind von den Oszillarien wirklich verschieden, indem sie echte Verzweigungen hervorbringen, und die schönen Rivularien vereinigen als höchstorganisierte Blaualgen alle Charaktere, indem es nostokartige Zellreihen unter ihnen gibt, Oszillariafäden mit einer Scheide, die einfach oder verzweigt sind, Grenzzellen besitzen, als besonderes Merkmal jedoch stets auch noch in ein verdünntes Haar auslaufen (vergl. das Bild auf S. 151).

Diese vielleicht sehr langweilige Übersicht der Formen zu lesen, war für meine Freunde nicht ohne Nutzen, denn es fiel ihnen dabei sicherlich auf, welche Haarspalterei bei der Unterscheidung solcher einfachster Pflänzchen getrieben wird. Man soll sich hiergegen auch wehren und Arbeiten geringschätzen, die nichts anderes zur Förderung des Wissens beizubringen wissen, als solche neue Namen und Unterscheidungsmerkmale, und damit Anspruch erheben, Klarheit und Ordnung zu schaffen, in Wirklichkeit aber nur jedem, der sich in die Naturgeschichte dieser Wesen vertiefen will, eine unendliche Bürde auferlegen und ihn erst recht in Verwirrung stürzen. Die Blaualgen sind dabei noch gar nicht der fröhlichste Tummelplatz solcher „Spezies macherei", wie man den Unfug im Hausgebrauch der wissenschaftlichen Institute nennt, sondern Kieselalgen und Desmidiaceen, die außerordentlich reich variieren, haben auch dieser Sorte von Namenswissenschaft von jeher das beste Arbeitsfeld geboten. Man ist heute schon so weit, daß niemand, der nicht sein Leben ausschließlich den Diatomaceen und Desmidiaceen, bezw. dem Durchstöbern ihres Schrifttums zuwendet, imstande ist, kunstgerecht und wirklich verläßlich irgendeine solche Spezies zu bestimmen. Das lebendige Wissen hat sich da schon längst in toten Buchstabenkram, in echt talmudisch-alexandrinische Wortwissenschaft verwandelt. . . .

Das ist ein lächerlicher und betrüblicher Zustand, der nur zum geringen Teil seine Rechtfertigung darin findet, daß bei den niederen Pflanzen fast jeder einzelne Wohnort dem zarten, überaus fein reagierenden Körperlein besondere Merkmale aufprägt. Wenn man mit der Ausrede, daß es ja erste Aufgabe der Wissenschaft sei, „gut zu unterscheiden", jede geringste Abweichung von einem zuerst beschriebenen Typus als Varietät, Spezies und Genus unterscheidet und benennt, dann wird man bald die einzelnen Individuen als „Arten" betrachten müssen und sich dadurch in einen Wirrwarr verstricken, in dem hoffentlich diese Sorte von „Wissenschaft" bald erstickt.

Was man gegenüber solch ausbündiger Variabilität zu tun hat, ist: kausalforschende Naturwissenschaft treiben! Nicht Formen zu beschreiben, sondern Formen zu erklären gilt es, durch experimentelle Ergründung ihrer Lebensverhältnisse und der Gesetze der Reaktionen des lebenden Körpers auf die Umwelt, was alles heute noch fast völlig brachliegt.

Um auf den Ausgangspunkt zurückzukommen, so schätze ich also in der Blaualgenliteratur nicht jene Arbeiten, die ein Dutzend neue Oszillarien und Gloeokapsen beschreiben oder neue Gattungen aufstellen und Familien zurechtzimmern und herausbekommen, daß Gloeochaete indentisch sei mit Schrammia oder daß Camptothrix und Ammatoidea, die, im Süßwasser von Angola und irgendwo in Südengland leben, mit Recht eine besondere Familie der Camptotrichaceen darstellen, weil es

Rivularien sind, die nicht an einem, sondern an beiden Enden dünn werden — nein, für diese höchst gelehrttuende Handlangerei der Wissenschaft bitte ich, nur ein verständnisinniges Lächeln zu haben. Dagegen bitte ich z. B., einmal darüber zu forschen, ob und unter welchen Bedingungen Oscillatoria einen Schlauch absondert und wie sie ihn, angemessen ihren besonderen Lebensumständen, verstärkt oder auflöst. Oder ob denn die vorhin angezogene Parallele zwischen Blaualgen und Bakterien nicht doch mehr zu bedeuten habe als bloße Ähnlichkeit, da es ja jedem Beobachter zustößt, daß er gelegentlich eine Spirulina mit einem Spirillum verwechselt, und es so winzige Merismopoedien gibt, daß sie von Bakterien gar nicht geschieden werden können, überhaupt durch die Rhodobakterien eine Tür geöffnet wurde zwischen den beiden Verschlägen unserer großen „Arche Noah" der Systematik, in die wir die beiden Wesensgruppen sperrten.

So sind wir denn nun nach diesen wohlgemeinten, wenn auch etwas derb ausgefallenen Seitenbemerkungen, glücklich bei dem System der Blaualgen angelangt.

Ich habe zu bemerken, daß man gegenwärtig 8 Familien unterscheidet: Chroococcaceen, Chamaesiphoneen, Oszillatoriaceen, Nostocaceen, Scytonemataceen, Stigonemataceen, Rivulariaceen und Camptotrichaceen, deren Unterschiede und teilweise geringe Unterschiedlichkeit meinen Lesern wohl bereits schwer auf dem Hirn lasten. Da ich nicht die Absicht habe, sie vollends zu erdrücken, will ich nicht das Füllhorn der ganzen Abänderungen und Kombinationen der drei Grundformen (Chroococcus, Oscillatoria, Nostoc) über sie ausgießen, sondern nur von jenen Familien und Gattungen etwas sagen, von denen auch wirklich Wissenswürdiges bekannt ist. Da wäre denn vor allem die Familie der

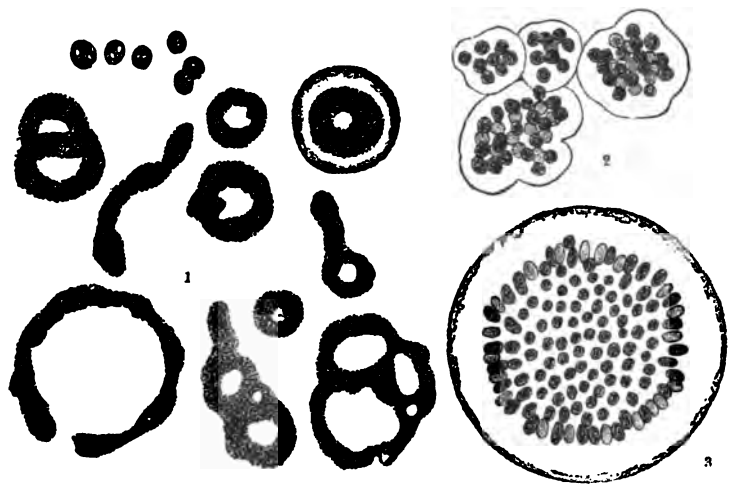
Farbkugeln (Chroococcaceae).

Es sind darunter die einfachsten aller echten Pflanzen, die ihr Pflanzentum nicht nur dadurch bekunden, daß sie mit Hilfe von Farbstoffen assimilieren, sondern auch schon den Drang zum Organismusbilden damit verraten, daß sie nach den Zellteilungen in Kolonien beisammen bleiben.

Dementsprechend unterscheidet man seit C. Nägelis großem Werke, der in den vierziger Jahren des verflossenen Säkulums die einzelligen Algen der Zürcher Umgegend mit großem Eifer studierte, auch die auf S. 147 abgebildeten Gattungen, von denen nichts Besonderes zu erinnern ist, als daß sie zu jenen Kunstmalern gehören, die wesentlich zu dem Schmucke alter Städte und Häuser beitragen, da sie feuchte Mauern mit dunkelgrünen, violetten, purpurnen oder braunen Flecken sprenkeln. Auf nassen Felsen, einem ihrer sichersten Fundorte, leben sie manchmal in dicken, gequollenen Massen, doch gibt es auch nur wenig Teiche, in deren Bodenschlamm nicht der große Chroococcus turgidus Kg. (Näg.) sein bescheiden Dasein fristen würde. Man hat sein Augenmerk noch zu wenig darauf gerichtet, daß die Farbkugeln für die Humusbildung von Bedeutung sein müssen. Sie wären sonst nicht so regelmäßig Bewohner der feuchten Erde, wo Synechococcus aeruginosus (Näg.) und Aphanocapsa testacea A. Br. (Näg.) mit ebenso großer Sicherheit zu finden ist, wie Gloeothece confluens Näg. zwischen feuchten Moosen, die Gloeokapsen als dunkler Anflug an Steinen und Aphanothece im grüngelben Wandbezug der Warmhäuser.

Andere Lebensweise befolgen jene Farbkugeln, die sich zu Schwebewesen umgebildet haben. Sie sind für das Plankton so typisch, daß die Seenforscher sie gewissermaßen als „Leitform" für die Charakterisierung einer bestimmten Gewässergruppe benützen, die man dann als Chrookokkaceenteiche bezeichnet. Gemeint sind hiermit die teilweise beistehend abgebildeten Gattungen Microcystis, Clathrocystis, Gomphosphaeria und Coelosphaerium. Die Unterschiede ergeben sich aus den Bildern. Was man aber darauf nicht erkennen kann, sind die angebl. Gasvakuolen, durch welche diese Wesen ihre Schwimmfähigkeit erhöhen, und die — wie es scheint — regulatorisch hergestellt werden, da sie verschwinden, wenn die Zellen auf Grund geraten.

Alle soeben genannten Blaualgen verursachen in unseren Teichen und Seen sogen. Wasserblüten. Das ist eine gar merkwürdige Naturerscheinung, die sich gerade, während ich diese Zeilen schreibe, vor meinen Augen vollzieht. Ich arbeite nämlich dieses Kapitel endgültig in Dinkelsbühl aus, das ist ein altes Reichsstädtchen im Frankenland, das noch fast ganz von den alten Wallgräben und Weihern umzogen ist, die es einst vor seinen Feinden schützen sollten. Aus ihnen hole ich mir jetzt, wie ich das bei Ausarbeitung meiner Bücher stets zu tun pflege, das Material zu den Untersuchungen, durch die ich mir nach Tunlichkeit noch einmal oder zum erstenmal unmittelbare Anschauung dessen zu verschaffen suche, was ich beschreibe. Denn nur dann erzielt man auch Anschaulichkeit, gewinnt dem Gegenstand neue Seiten ab und kann hoffen, jenen lebendigen und plastischen Stil zu erreichen, der über die Trockenheit so vieler zusammengeschachtelter Tatsachen hinweghelfen kann.



„Wasserblüten" bildende Blaualgen.
1 = Clathrocystis aeruginosa Henfr. 30fach vergrößerte Kolonie. 2 = Microcystis Flos aquae Kirchn. Kolonie. 575fach vergrößert. 3 = Coelosphaerium Kützingianum Näg. 575fach vergrößert. (Nach Kirchner.)

Da will es also ein glücklicher Zufall, daß der „Rotenburger Weiher", wenige Minuten von meinem Hause entfernt, „blüht". Er enthält unzähliges Kleingetier.* Und an der Oberfläche schwebt den ganzen Sommer über Clathrocystis und Aphanizomenon, aber nie in solchen Mengen, wie eben jetzt. Vor drei Tagen lag das stille Wasser noch in bräunlichem Schimmer und spiegelte die alten Türme, die Bastion und die über der Stadtmauer putzig hervorlugenden Giebelhäuser. Gestern

* Besonders kennzeichnend für ihn sind Aphanizomenon flos aquae, Clathrocystis aeruginosa, Amoeba radiosa, Synedra Ulna, Chlamydomonas Pulvisculus, Characium an Cladophoren.

aber war der Weiher wie getrübt und hellgelbgrün geworden, heute ist der Spiegel erloschen, ein giftig spangrünes Gleißen zuckt über ihn, und vergeblich sucht der Wind ihn zu Wellen zu kräuseln; dicker Schaum steht darauf, und unbehilflich wogt und wallt er, wenn ich einen Stein hinein werfe. Dazu macht sich ein unangenehm eigenartiger Fischgeruch breit.

Aber ich weiß, das dauert keine Woche, dann ist das merkwürdige Schauspiel vorbei. Aus unbekannten Ursachen setzt eine wahnsinnige Vermehrungslust der Blaualgen ein, manchmal so arg, daß sie den Tod der Mitbewohner, selbst der Fische bedingt, und ebenso unerklärlich sinkt alles wieder auf das Mittelmaß zurück. Es ist fast wie ein Symbol der aus Rätseln auftauchenden Kulturwelle, die seit anderthalb Jahrhunderten über Europa rollt und vielleicht auch so enden kann, wie das Blühen des Wassers. . . .

Und so wie in meinem Teiche, vollzieht sich das Phänomen auch in den anderen Gewässern; im Müggelsee bei Berlin hat man es studiert, im holsteinischen Plöner See, ja sogar im Zürcher See und im Schwäbischen Meer. Besonders Chathrocystis aeruginosa (Kg.) Henf. und Microcystis flos aquae (Wittr.) sind daran beteiligt, seltener schon Coelosphaerium Kützingianum Näg., auch Anabaena und Aphanizomenon (siehe Bild S. 150) und um das, was über Wasserblüten wissenswert ist, gleich zu vervollständigen, manchmal auch Peridineen (Ceratium und Peridinium), Euglena sanguinea, die Teiche blutrot färbt (besonders berühmt sind solche in der Schweiz, wo sie in das Fremdenführerwissen einbezogen sind), auch mitunter Volvox und Synura, ja, wie ich bei Budapest in einem von der Donau abgeschnürten Becken einst beobachtete, sogar Wasserflöhe, die zu Millionen zappelnd das Wasser teigig machten.

Einige Worte wären auch noch zu sagen von der wirklich eleganten Merismopoedia elegans A. Br. (Bild s. S. 147), die aus 16 oder mehr Zellen ein schön quadratisch angeordnetes Täfelchen auf den Grund der Weiher legt oder im Plankton schwimmen läßt. An ihr will Goebel einmal Schwärmsporen beobachtet haben. Wenn es wahr ist, dann gehört Merismopoedia nicht zu den Farbkugeln; es ist dann ein Zeichen, wie unsicher wir in dieser Kleinwelt tappen, und zeugt laut dafür, daß uns die Anfänge des Pflanzenlebens trotz aller Entzifferungsversuche doch noch immer einer der am schwersten lesbaren Texte des Naturevangeliums sind.

Man hat sich in Gelehrtenkreisen daran gewöhnt, die winzigen blaugrünen Zellchen, die man überall auf Steinen und Wasserfäden festsitzend findet und von denen man die häufigsten zwei als Chamaesiphon und Mastigocladus (s. die Bilder auf S. 151) bezeichnet, als besondere Familie (Chamaesiphonaceae) aufzufassen, weil diese Gebilde Konidien abschnüren, die sich im Wasser zerstreuen und zu Stammvätern neuer Familien werden. Sie sind hier nur deshalb erwähnungswürdig, weil durch sie die von der Entwicklungslehre geforderten Verbindungen sowohl zu den Spaltpilzen wie zu den echten Pilzen hergestellt werden, und damit auch ein Baustein zu dem Beweis, daß die lebende Natur eine ewige Einheit sei, in der alles auf gemeinsamen Ursprung weist.

In die Familie der

Schwingfäden (Oscillatoriaceae)

zählt man über 20 Gattungen mit fast 400 Arten, von denen der gemeine Schwingfaden mit seinen 100 Arten am vielgestaltigsten ist. Dann folgt in der Anpassungs-

fähigkeit Lyngbya mit 60 Arten, Phormidium mit 50, Hypheothrix mit 40 Arten, Symploca und Microcoleus mit etwa 20 Arten; die übrigen Gattungen sind alle wenig variabel, meist in den Tropen verbreitet oder im Meere. Heliotrichum radians Wille und Xanthotrichum contortum Wille sind z. B. ständige Bestandteile des atlantischen Planktons, so wie Trichodesmium erythraeum Ehrb. in warmen Meeren, z. B. im Roten Meer eine purpurne Wasserblüte bildet.

Zu merken wäre außer dem bereits über Bau, Vermehrung und Bewegung der Oszillarienzelle Gesagten noch etwa folgendes: Die Scheidenbildung der Schwingfäden scheint ein Anpassungsmerkmal von hervorragender Teleologie zu sein. Man sollte also den bisherigen Gebrauch auflassen, der drei Gattungen (Oscillatoria, Lyngbya und Phormidium) ausschließlich danach unterscheidet, daß die erste keine Scheide hat, die zweite ihre Fäden in Scheiden steckt (man nennt beides zusammen ein Filament), die dritte die Filamente zu häutigen Platten verklebt. Und man sollte sich die Schwierigkeit, ja vielfache Unmöglichkeit des Bestimmens vor Augen halten, die durch solche unbestimmte Charaktere hervorgerufen wird, da doch auch Oscillatoria unter Umständen eine zarte Scheide bildet, die Scheidenbildung überhaupt auf Bedürfnisse hin (Schutz vor Austrocknung, Wellenschlag, zu starkes Licht) ausgebildet zu werden scheint.

Von solchen groben Verstößen gegen den Geist der Systematik wimmelt es in der Kryptogamenkunde, und ein kräftig Wörtlein darüber ist wohl am Platz. Algologie, Mykologie und Bryologie, wie man hochgelahrt die Algen-, Pilz- und Mooskunde zu nennen pflegt, sind ein systematischer Augiasstall, in dem Bequemlichkeit, Denkfaulheit und wissenschaftlicher Bureaukratismus recht fettgezüchtet worden sind. Welch dicke Hirnschale gehört doch dazu, wenn man es nicht einsehen kann, daß die von Fall zu Fall angewendeten, bei jedem Individuum wechselnden Anpassungen doch nicht geeignet sein können, um eine natürliche Verwandtschaft — deren Ausdruck das System doch sein soll — in ihren Hauptzügen erkennen zu lassen. In grober Vermenschlichung ausgedrückt: Es handelt sich darum, in einer Stadt die Menschen gleicher Familie ausfindig zu machen, und der Pfiffikus, dem man das anvertraut hat, präsentiert uns eine Familientafel, in der als Brüder und Vettern diejenigen aufgeführt sind, die bei schlechtem Wetter einen ähnlichen Überrock anziehen. Genau so geistvoll ist es vielfach um die Unterscheidungen der Kryptogamenkunde bestellt: Statt Organisationsmerkmalen sind überall Anpassungen als gleichbedeutend verwertet.

Damit ist beiläufig verraten, welche Riesenarbeit die Systematik eigentlich noch zu leisten hat, und womit jeder einzelne Naturfreund, der sich auf Systematik beschränken will, sein Scherflein zum wirklichen Fortschritt der Erkenntnis beitragen kann. Es ist sehr bequem, daher sehr beliebt, aber ebenso wertlos, „neue Arten" und Gattungen zu „beschreiben" in der gewohnten Weise, die einfach jede Abweichung in Form und Größe und Farbe von vornherein als „beständiges Merkmal" erklärt. Statt dessen ist es verdienstlich zu prüfen, in welchem Zusammenhang die Erscheinung des betreffenden Wesens mit seinen Lebensumständen und seiner Lebensweise steht, was sich daran durch Wechsel der Bedingungen verändern läßt, was aber unter allen Umständen unangetastet bleibt. Man muß freilich auf diese Weise recht tief in alle Lebenserscheinungen eindringen, hat Mühe mit Experimenten, muß viele Kenntnisse der Physiologie und Ökologie zusammennehmen und muß vor allem denkend verfahren — aber gerade

dadurch erreicht man ja das Ideal des Naturforschers: Natur auch wirklich zu erfassen. Nur dadurch wird man die tatsächlichen Verwandtschaftszüge aufdecken und zuletzt: nur so wird man als Systematiker auch der höchsten Achtung wert, denn eine dermaßen betriebene Systematik hat wirklich die Glorie, die sich die Linnéisten für ihre „Diagnosen" anmaßten, sie ist tatsächlich die Bekrönung des Naturwissens, weil sie alle Lebenserscheinungen zusammenfassend, aus ihnen denkend weiterschließt.

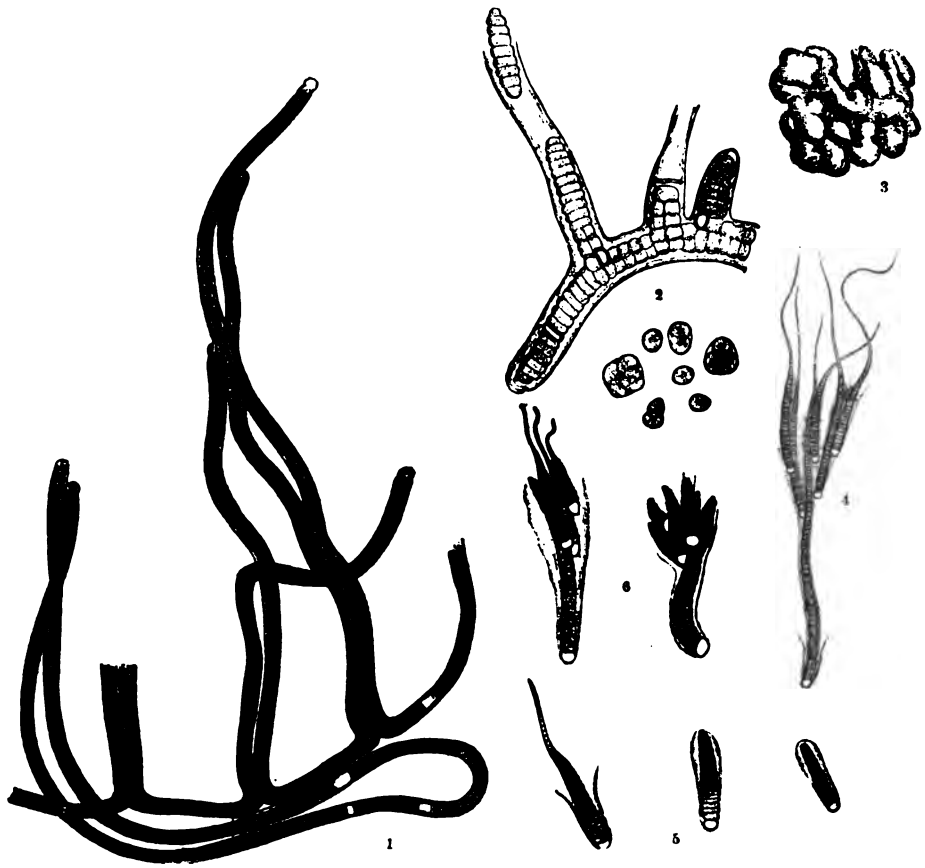
Kalksinterterrasse im Yellowstonepark, durch die Arbeit von Spaltalgen erbaut.

Mit dürren Worten wiederholt: Man muß die Anpassungsmerkmale von den Organisationsmerkmalen scheiden lernen und darf nur die letzteren zur Unterscheidung und Deutung von Verwandtschaftsbeziehungen verwenden. Ich will das, soweit dies mit den vorhandenen Angaben möglich ist, in diesem Werke folgerichtig anbahnen, denn ich bin mir bewußt, damit den Grundstein zu einer höheren Art von Systematik zu legen, die mit der alten nur den Namen gemeinsam hat, aber einen notwendigen und vielersehnten Fortschritt bedeutet.

So viel vom Theoretischen. Die Oszillatorien vermehren unsere Kenntnisse jedoch auch in praktischer Beziehung. Auch sie sind Erdbildner; sie bauen Felsen auf eigenartige Weise, da sie durch ihre Assimilation dem Wasser Kohlensäure entziehen, wodurch kohlensaurer Kalk ausfällt, der sich auf sie ablagert, sie endlich erdrückt und, steinartig verhärtend, im Verlauf von Jahrtausenden mächtige Kalksinterwälle und Terrassen aufführt, wie man solche um alle warmen Quellen (Tivoli bei Rom!), am

schönsten an den Geisern Islands, Neuseelands und des amerikanischen Yellowstone-Parkes anstaunt (siehe die Abbildung).

Reist man von dort in den Süden des neuen Kontinents, so findet man die Blaualgen wieder in einer anderen praktischen Beziehung zum Menschen, denn in Bolivia und Ekuador soll man die Zittertange (Nostoc commune) als Delikatesse verzehren, wozu in Anbetracht ihrer eklen Konsistenz immerhin viel Hunger gehört. Daß auch



1 = Scytonema Hofmanni Ag. 330fach vergrößert. 2 = Stigonema turfaceum Cooke mit Hormogonienbildung. Darunter Dauerzellen. 150fach vergrößert. 3—6 = Rivularia bullata Berk. 3 = Lager in natürlicher Größe. 4 = Vegetative Fäden aus dem Lager. 5—6 = Entwicklung der Hormogonien zu Kolonien. 150fach vergr. (2 nach Borzi, die übrigen nach Bornet.)

die Chinesen den Nostok gern essen, nimmt, nach den sattsam bekannten Qualitäten der chinesischen Küche, allerdings nicht wunder. Diese

Zittertange (Nostocaceae)

bildet die dritte wichtigste Familie der Spaltalgen, die ebenfalls ziemlich formenreich, mit etwa einem Dutzend Gattungen die Aufmerksamkeit des Naturforschers erweckt. Da alle Nostokaceen aus in Schleim gebetteten, perlschnurartig aneinandergereihten Zellen bestehen, die sich von den Schwingfäden nur durch das Vorhandensein sogen. Grenzzellen (Heterozysten) unterscheiden lassen, d. h. durch inhaltsarme, teilungsunfähige Zellen, über deren eigentliche Bedeutung wir nichts wissen (vergl. die Bilder

auf S. 150 und 151), so muß es wundernehmen, wieso man denn von solch einfachen Wesen allein 60 Nostoc-Arten, 40 Anabaena- und 10 Cylindrospermum-Arten unterscheiden kann. Eine Kritik dieser Arten wird unausbleiblich sein. Sonst wäre außer der großen kulturgeschichtlichen Rolle des Nostok in den Händen der Alchimisten und Hexenrichter (vgl. S. 146) vielleicht nichts weiter wissenswürdig über sie, als daß Cylindrospermum stagnale B. et Fl. eine der gemeinsten Algen ist, Aphanizomenon flos aquae (L.) Ralfs., Anabaena circinalis (Harv.) Rab. und A. flos aquae Bréb. aber überaus häufige „Wasserblüten" (Bilder S. 151).

Auch mit den übrigen Familien der Spaltalgen braucht man sein Wissensgepäck nicht sehr zu beschweren und hat doch einen guten Begriff vom Wesen dieser Gruppe. Das halbe Dutzend Scytonema-Gattungen wächst am liebsten nicht im Wasser, sondern an Baumrinden, auf feuchtem Boden und zwischen Moosen. Die Stigonemataceen bilden einzellige Chroococcus-artige Konidien und sind so eine Stütze jener mächtig vordringenden Ansicht, welche die systematische Selbständigkeit der Chrookokken bekrittelt. Die Rivulariaceen sind Meer- und Süßwasserbewohner, die auf Felsen und anderen Algen braune, amethystfarbene, olivengrüne, bläuliche Lager, Rasen und Kugeln bilden, die manchmal durch ihre Größe die Aufmerksamkeit des Naturfreundes auf sich lenken. So kommt um Konstanz, am Ausfluß des Rheines aus dem Bodensee Rivularia haematites C. Ag. in steinharten, kugeligen Lagern von ½ m Durchmesser vor und hat dort zu den seltsamsten Erzählungen Anlaß gegeben, wie alle Naturerscheinungen, deren wahre Natur sich unser Volk nicht zurechtlegen kann.

Hiermit ist das erschöpft, was sich im Rahmen dieses Werkes über die besonderen Eigenschaften und die allgemeine Bedeutung der Spaltalgen unterbringen läßt, und wenn ich es mir recht überlege, so kann, auf einen Merksatz zusammengedrängt, der Nutzen dieses Abschnittes in folgendem bestehen:

Die Spaltalgen leiten unmerklich von den Bakterien zu den Pilzen und zu den echten Algen. Durch ihre höchst einfache Organisation und ihre fabelhafte Lebenszähigkeit, die sie heiße Quellen und Luftleben ertragen läßt, erwecken sie die Vermutung, daß sie die Überreste der ersten Vegetation der Erde sind.

Benützte Schriften, die weiterem Studium dienlich sind:

1. C. Nägeli, Gattungen einzelliger Algen. Zürich. 4°. 1849.
2. W. Zopf, Morphologie der Spaltpflanzen. 8°. 1882.
3. E. Bornet et Flahault, Révision des Nostocacées heterocystées. (Annales des scienc. natur. sér. 7. I. III—VII. 1886—1888.)
4. M. Gomont, Monographie des Oscillariées. Paris. 1893.
5. G. Hieronymus, Beiträge zur Morphologie und Biologie der Algen. (Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen. V. 1892.)
6. A. Fischer, Untersuchungen über d. Bau der Cyanophyceen u. d. Bakterien. 1897.
7. W. Migula, Kryptogamenflora von Deutschland. (Thomés Flora von Deutschland. Bd. V.) Gera. 8°. 1906.

Die Kieselalgen (Bazillariaceen).

Wer zum erstenmal von den großen Fortschritten aller Wissenschaften in unseren Tagen vernimmt, ist nur zu leicht geneigt, in den Chor der allgemeinen Bewunderung und Lobrednerei einzustimmen, der sich in die freilich leicht verzeihliche Selbsttäuschung einwiegt, unserer Generation sei eine unerhörte Rolle im geistigen Werdegang der Menschheit zugewiesen, und genau mit dem Anfang des Jahrhunderts beginne etwas epochal Neues und der gewaltigste Akt der Geistesgeschichte. . . .

In Wirklichkeit aber sind wir sowohl Grundsteinlegende als auch bloß Abschließende; nicht mehr und nicht weniger als ein Glied in einer langen Kette. Jeder, dessen Selbstgefühl das nicht glauben will, kommt zur Ernüchterung, wenn er sich historische Bildung erwirbt, und die für uns scheinbar so überflüssigen Schriften der Älteren und ganz Alten studiert. Was ihnen abgeht an Förderung unserer Wissensmenge, ersetzen sie reichlich durch Ausbildung unseres Blickes für den Wert der Wissenschaft. Sie lehren uns Vergängliches vom Bestehenden unterscheiden und bewahren dadurch vor der Kritiklosigkeit, die Irrtum und Unsinn, wenn sie nur von Macht gestützt mit Dünkel einherschreiten, so leicht für Wahrheit und Weisheit nimmt.

Man kann die Gegenwart nur dann verstehen, wenn man ihre Geschichte kennt. Und darum soll man sich die Mühe nicht verdrießen lassen, immer und immer wieder in den Schriften der alten Naturforscher zu blättern. Der übergroße und das freie Denken lähmende Respekt vor den Aussprüchen des Heute schwindet so rasch, wenn man sieht, wie mühelos die nachfolgenden Geschlechter Irrtümer durchschauen, an die einst eine Welt voll Geist und Scharfsinn andächtig glaubte. Aber mitten im Lächeln und in der wohlwollenden Herablassung, die man so gern für die armen irrenden Geister der Vergangenheit hat, obwohl unsere Überlegenheit ihnen gegenüber wahrlich nicht unser Verdienst ist; mitten in diesem Hochgefühl des Klügerseinkönnens, wird langsam der Kranz zerblättert, den uns die Einbildung auf das Haupt setzt. Die Toten nehmen ihre Rache und beschämen uns. Die Weisheiten von Heute sind die Behauptungen des Gestern, und was wir nach erbittertem Kampfe der Besten errungen haben, erweist sich nur zu oft als ein Wiederfinden verlorenen Gutes, als ein Zurückfinden auf den alten Weg, von dem uns lockende Irrpfade abgebracht. Und je besser wir die Geschichte der Erkenntnis innewerden, desto ernster mahnt sie uns zur Bescheidenheit, da alle Großtat eines der Unseren nur eine reife Frucht ist an Bäumen, die einst Vorväter mit mehr Mühe pflanzten, als uns die Ernte kostet. Und eines Tages werden wir die ganze bittere und weise Ironie des Goetheschen Wortes im Herzen inne:

„Wer kann was Dummes, wer was Kluges denken,
Das nicht die Vorwelt schon gedacht?“

Dann sind wir reif, das Jetzt mit Gerechtigkeit zu beurteilen. . . . .

Kein Gebiet der beschreibenden Botanik drängt so sehr zu solch historischer Selbstbesinnung, wie die Naturgeschichte der niederen Pflanzen und in ihr das große Kapitel der Kieselalgen.

Die treuherzigen Naturforscher der Biedermaierzeit, die sie begründeten, haben mit behäbiger Gediegenheit alles das vorbereitet, wovon wir heute zehren und worin wir noch immer vom rechten Wege abweichen. Ja, die Kieselalgenkunde steht sogar

noch als Versteinerung jener verflossenen Zeiten mitten in einer blühenden und weiterwirkenden Umgebung. Sie ist damit ein Mahnzeichen und belehrendes Beispiel für die Ursachen, die unser Wissen von der lebenden Natur nicht so rasch und unbehindert fortschreiten lassen, wie es unseres Lebens Bedürfnisse gebieterisch fordern.

Man lasse sich also ein wenig von dieser alten Chronik der Kieselalgenkunde erzählen:

Gottfried Chr. Ehrenberg, der berühmteste Erforscher der Kleinwelt.

Seitdem der dänische Staatsrat Otto Friedrich Müller in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts an dem Ufer von Kopenhagen auf Meersalat zum erstenmal jene besondere Art von „Infusorien" entdeckte, die man bald Bazillarien nannte, hat sich aus der Beobachtung dieser höchst absonderlichen, kristallartig geformten Wesen eine unabsehbare Wissenschaft entwickelt, aus deren Verwirrung noch immer kein Ende zu ersehen ist. Anfangs gestaltete und entfaltete sie sich als behagliches Kleinleben in den Gelehrtenstuben des Vormärz. In Nordhausen am Harze stach der Großmeister der Kieselalgenkunde, der Apotheker und Schullehrer Friedrich Traugott Kützing, selbst die 2000 Tafeln seiner „Phycologia generalis"; in Berlin brachte der größte Erforscher der Kleinwelt, Gottfried Ehrenberg, mit Bienenfleiß die unerreichten Kupfertafeln seines Riesenwerkes zusammen; in zahllosen Abhandlungen und teuren Tafelwerken suchten später der Privatgelehrte Ludwig Rabenhorst, einer der glänzendsten Namen der Kryptogamenkunde, der Deutsche Grunow, der Belgier Van Heurck, der Engländer W. Smith, die Überfülle an Lebensformen zu beschreiben, die man mit dem Kleinseher in allen süßen und salzigen Gewässern in wunderbarster Formenvielheit sichtbar machte. Aber gar bald verkümmerten unter diesem Formenübermaß die Keime des naturwissenschaftlichen Denkens,

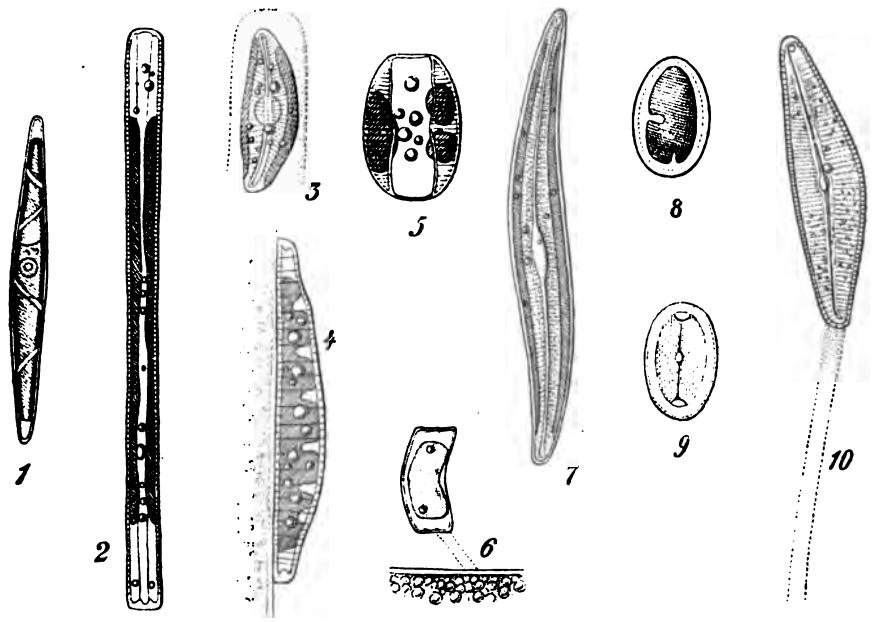
die man so reich angesetzt in den ersten Schriften der Begründer der Kieselalgenkunde trifft. Alle großen Probleme, mit deren Lösung oder Stellung wir uns brüsten, finden sich im Geiste jener alten Naturforscher schon vor, zum Teil mit gleicher Lösung. Ehrenberg hat die große Idee erkannt, daß die scheinbar einfachsten Wesen auch nicht so einfach sind, daß man sie für belebte Tropfen chemischer Mischungen halten dürfte, wie das eine sich recht weit vom wahren Geiste der Naturforschung entfernende Zeit glaubte; Kützing hat die Idee der Urzeugung und, besonders angeregt durch den außergewöhnlich reichen Fluß der Erscheinung bei den Kieselalgen, auch die der Veränderlichkeit der Arten verfochten, und beide haben so das alte Wort bestätigt, wonach jedem Wissen zuerst eine Ahnung der Wahrheit vorausgeht. Aber jene fruchtbaren Ahnungen und Wissenskeime konnten sich nicht entfalten, sondern des Menschen Geist blieb an der Buntheit und Vielheit der organischen Erscheinung hangen, und da hängt er eigentlich noch. So zeigte sich, daß eines der größten Hindernisse für die unbeirrte und zielbewußte Entfaltung der Naturerkenntnis von jeher bis heute der Reichtum und die Schönheit der Natur gewesen ist. Denn diese beiden verwirren und lenken ab und halten den Forscher in der Sphäre des bloßen Betrachtens und Beschreibens zurück und gestatten nur wenigen Auserwählten, über die Zusammenhänge und wahren Ursachen dieser Mannigfaltigkeit nachzudenken. Die alten Phykologen — um diesen einst vielgebräuchlichen Namen für die Algenforscher wieder aus dem Staube der Vergessenheit hervorzuholen — stießen alsbald auf eine solche Menge verschiedenster Lebensformen, daß aus der ersten Notdurft Endzweck wurde und sie einsahen, hier müsse man die ganze Naturphilosophie an den Nagel hängen und nur registrieren und beschreiben. Um dieselbe Zeit ging es jedem Lebensforscher so. Man hatte die Vergrößerungsgläser verbessert und wandte sie systematisch auf die Gegenstände der Natur an — daraus ergab sich so viel des Neuen, daß man vor lauter Beschreiben das Denken verlernte. So geriet man leicht in den Fehler, anzunehmen, die Aufgabe der Naturwissenschaft sei überhaupt nur das Beschreiben, die Aufzeichnung des Vorhandenen. Das wirkt — namentlich in den älteren, im Geiste jener deskriptiven Epoche erzogenen Naturforschern — bis heute nach. Damit hat sich aber die gelehrte Menschheit nur zum zweitenmal von derselben Kurzsichtigkeit täuschen lassen. Das erstemal, als man Pflanzen und Tiere als solche zu beachten anfing; dies war die Ära der Kräuterbücher, die im Linnéismus und im starren Glauben gipfelte, als sei der Systematikus, der Ordner, der wahre und größte Naturforscher. Dieser Glaube wurde am Anfang des 19. Jahrhunderts, da die „Inventuraufnahme" so ziemlich erschöpft war, gebrochen, und es begann das erste Zeitalter der denkenden Vertiefung, die in der Naturphilosophie der Oken, Schelling ihren Jugendüberschwang hatte, im Entwicklungsgedanken der Lamarck, Darwin, Haeckel dagegen ihre reife Frucht trug. Zum zweitenmal stellte sich derselbe Fehler ein, als man in die mikroskopische Welt eindrang. Wieder wurde alle Philosophie verpönt, wieder erlebten wir den kulturgeschichtlichen Witz, daß der bloße „Beschreiber" als der „echte und richtige" Naturforscher ausgegeben wurde. Wieder aber beginnt jetzt, nachdem wir uns aus dem Gröbsten der bloß empirischen Biologie herausgearbeitet haben, die philosophische Durcharbeitung der neuaufgestapelten Wissensschätze, vorläufig freilich auch mit allen Wirrungen und Irrungen der Anfänger. So lernen wir aus der Geschichte unserer

Wiſſenſchaft verſtehen, warum wir heute gerade da halten und gerade dorthin gehen müſſen, wohin wir gehen. Und wir fügen uns darein, weil es durch die Logik der Erkenntnisgeſchichte ſo vorgeſchrieben iſt. Das iſt die allgemeine Lehre, die man aus der Geſchichte der Phykologie ziehen kann — im beſonderen lernt man noch einiges ſpeziell aus der Kieſelkunde. Denn nun ergießt ſich auch Licht darüber, warum gerade die formenreichſten Gruppen der Lebeweſen ihre Erforſcher am längſten im beſcheidenen Anfangsſtadium des bloßen Beſchreibers niederhalten. Das gilt in der Tierkunde ſowohl für die viele hunderttauſend Arten zählenden Gliedertiere, namentlich die Inſekten, oder für die Schnecken und Muſcheln, wie in der Botanik für die über 4000 Arten umfaſſenden Kieſelalgen oder die höchſt formenreichen Mooſe. Verzeihen wir alſo, weil wir es nun verſtehen, daß die Entomologen, Konchyliologen und die Diatomiſten (wie man die Kieſelalgenkenner nennen kann) oft ſo weit hinter dem allgemeinen Fortſchritt der Biologie nachhinken, daß ſie häufig noch immer nichts Wichtigeres kennen, als Formen zu unterſcheiden und neue Arten zu beſchreiben. Verſuchen wir alſo lieber, dieſem beſcheidenen Stande der Kenntniſſe gegenüber einmal gerade die allgemeinen Züge und die Lebenserſcheinungen der Kieſelalgen herauszuarbeiten, um ſo vielleicht dadurch den Freunden dieſer Weſen die höchſt notwendige Ergänzung zu ihrer einſeitigen Art der Beſchäftigung zu bieten. Getreu unſerer Grundüberzeugung: aufs Ganze der Natur gilt es den Blick zu richten, und nur dadurch rückt das einzelne in richtige Beleuchtung für das Verſtändnis.

Man kann dazu nichts ſo angelegentlich empfehlen, als daß der Leſer das Nachſtehende an der Natur nachprüft und ſich ſelbſt Kieſelalgen beſchafft. Das wird niemandem ſchwer fallen, mag er nun an der See oder in einer Steppe wohnen. Denn die Kieſelweſen ſind allenthalben verbreitet. Ehrenberg hat ſich viele Jahre lang die Mühe gegeben, alle möglichen Subſtanzen: Dammerde, Mergel, Guano, Paſſatſtaub, den dunklen Anflug auf dem Schnee auf ihren organiſchen Inhalt zu unterſuchen, und er fand überall Diatomeen, manchmal ſo reichlich, z. B. im Schlamm der Häfen von Kuxhaven, Pillau und Wismar, oder im Kieſelgur in der Lüneburger Heide, daß man getroſt behaupten konnte, dieſe winzigen Pflänzchen waren und ſind für den Aufbau der Erde nicht ohne Bedeutung. Auch ſie fliegen wie die Flagellaten mit dem Staube, ſtellen ſich daher in jedem Glas Waſſer als bräunlicher Anflug ein, wenn man es in Licht und Wärme ein paar Wochen lang ſtehen läßt. In ruhigen Buchten, am Meere, an Flüſſen, Weihern, ſelbſt in Bächen überziehen ſie im Lenz weite Bodenſtrecken mit ſchimmerndem, nicht eben äſthetiſch befriedigend braungefärbtem Samt; die Schilfſtengel, Fadenalgen und höheren Tange in Süß- und Salzwaſſer werden von geſtielten Kieſelalgen mit dichtem Raſen überkleidet, der Bodenſchlamm, der Schlick des Meeres gibt vielen hundert Arten Nahrung und Lebensraum; in der feuchten Erde, im Waldmooſe, an überrieſelten Steinen ernähren ſich beſondere Formen, im Meere und in den großen Seen ſchweben ſie im Plankton, zuweilen in ſolchen Mengen, daß ſie dem Waſſer ihre Färbung mitteilen. Auf Weihern ſteigen ſie in großen Ballen und Flocken, von Gasblaſen durchſetzt, im Vorſommer auf die Oberfläche; in Waſſerleitungen und Brunnen ſind ſie zu finden. Sie ſind zahlreicher als der Sand am Meere; ihr unerſchöpfliches Leben überzieht den Erdball von den Polen bis zum Äquator, und ſo erſetzt, wie bei faſt allen niederen Lebeweſen, die Maſſe das, was ihnen an Größe abgeht.

Ihre geographische Verbreitung gibt manches zu denken. So wie die Spaltalgen, tauchen auch sie in heiße Quellen.* Aber ebenso unbedenklich gehen sie auch in den eisfrischen Born. In den Nordtiroler Kalkalpen sprudelt ober Innsbruck 5 Minuten unterhalb der 2300 m hohen Hafelekarspitze eine berühmt kalte Quelle von nur 2°, und in ihr leben Diatomeen. Navicula oblonga, appendiculata, Surirella striatula lebt in kalten Bächen und in dem Wasser des 72,5° heißen Karlsbader Sprudels.

Aber auch in dieser Allerweltsverbreitung ist eine gewisse Ordnung vorhanden. Man hat versucht, die Kieselalgen in Süßwasser- und in Meeresformen zu scheiden.



Die häufigsten Formen der Grundkieselalgen.
1 = Synedra gracilis Kg. 2 = Synedra Ulna. 3 = Encyonema prostrata. 4 = Epithemia turgida. 5 = Amphora ovalis. 6 = Achnanthes minutissima. 7 = Pleurosigma attenuatum. 8 = Cocconeis Pediculus mit Chromatophor. 9 = dgl. ausgeglühte Schale. 10 = Cocconema Cistula auf Gallertstiel. (Originale des Verfassers.)

Aber man wird wohl darauf verzichten müssen, wenn man es mehr beachtet, daß Rhizosolenia (s. das Bild auf S. 24) im Meeres- und im Süßwasserplankton da ist, Terpsinoë, Fragilaria, Synedra, Asterionella, Eunotia, Achnanthes, Cocconeis, Navicula und noch viele Dutzende Gattungen sowohl Süß- wie Brack- und Salzwasser bewohnen. Es hat also nur im allgemeinen Geltung, wenn man sagt, daß die eine große Gruppe der Stückelalgen (die man Centricae nennt) das Meer, die andere (Pennatae) das Süßwasser bevölkert. Viel besser läßt sich die floristische Einteilung dieser Wesen in eine Grund- und eine Planktonflora durchführen, wobei man den Vorteil hat, mit solcher Einteilung zugleich wahrhaft biologische Eigenheiten erfaßt

* Thermen enthalten oft besondere Arten. So kenne ich aus den warmen Quellen von Aquincum bei Ofen Denticula thermalis Kg., Nitzschia thermalis Gr., Navicula budensis Gr.; von der bereits in ihrer Spaltalgenvegetation geschilderten warmen Quelle der Margareteninsel bei Ofen auch die seltene Navicula Peisonis Gr., Nitzschia thermalis E. (Auersw.). Die Hauptmasse bilden dort Navicula budensis und Mastogloia Smithii Tw.

zu haben, denn die verschiedene Lebensweise prägt sich durchgehends im Bau aus, so daß man bei gehöriger Kenntnis der Gestaltungsgesetze getrost von dem einen auf das andere schließen kann. Auf diesen Punkt gerichtete Aufmerksamkeit würde die Kenntnis der Kieselalgen sehr vertiefen. Einige Ansätze dazu sind in den neueren Arbeiten von F. Schütt, G. Karsten, von dem Franzosen Miquel u. a. schon gemacht, und wer davon ein wissenschaftlich durchgearbeitetes, bis in Einzelheiten vertieftes Bild und Anregung zu eigener Fragestellung gewinnen will, muß das schöne Werk von Fr. Schütt „Das Pflanzenleben der Hochsee" studieren, das freilich nur die eine Gruppe der Lebensformen betrachtet, während die nicht minder wichtige Bearbeitung der Grunddiatomaceen unter biologischen Gesichtspunkten zurzeit noch fehlt und auch hier nur bruchstückweise versucht und durchgeführt werden kann.

Wir müssen dazu die einseitige und nichtssagende Zergliederung der „Frustel-* und Symmetrieverhältnisse" aufgeben, dafür uns die Kieselalge als ein wurzelfüßler- oder vielmehr goldmonadenartiges einzelliges Plasmawesen vor Augen führen, das höchst einfach organisiert ist, sehr bescheiden lebt und hunderterlei (übrigens am passenden Orte bereits erwähnte) Beziehungen zu den Dinoflagellaten aufweist, mit denen die Bazillariaceen sicher einst systematisch verschmolzen werden. Und als besonderes Kennzeichen wird man guttun, sich zu merken, daß die Anpassungskraft der Kieselalgen sehr bedeutend ist — ganz außergewöhnlich aber ihre Variabilität, die oft ohne erkennbare Zwecke, also wahrscheinlich ursprünglich als Ausdruckstätigkeit, ihre Hüllen zu den schönsten Kunstwerken der Natur gestaltet (vgl. dazu die Tafel: Kunstformen der Natur).

Das Plasma, von dem dies alles abhängt, unterscheidet sich in manchem von dem der Goldmonaden, soweit es überhaupt bekannt ist. Denn so komisch es auch klingt, so ist es doch Tatsache, daß diese Wissenschaft sich meisthin damit begnügte, die toten Hülsen zu klassifizieren, also uns eine Bibliothek anzuempfehlen, die nur aus Buchdeckeln besteht. Gewöhnlich umkleidet das Plasma die Schale von innen mit dünnem Wandbelag, durchzieht sie jedoch etwa in der Mitte der Zelle oft in Form einer Brücke, in der sich der eine Kern oder die Zellkerne (Chaetoceras hat z. B. mehrere) lagern. Der Zellkern selbst besitzt manchmal ein Centrosom, d. i. jenes merkwürdige Körnchen, das sich namentlich in tierischen Zellen stets findet und bei der Zellteilung in eine noch nicht geklärte Aktion tritt. Mit solchen Vermutungen behilft sich heute die Naturgeschichte der Kieselalgen und mit solchen Vermutungen endigt sie auch. Der Zellkern ist nämlich aller Wahrscheinlichkeit nach der energetische Leiter der Zelle. Wenn wir von einem Luftschiff aus in ein feindliches Heerlager blicken und alle Signale und Drähte nach einem besonders geformten Zelt deuten und zusammenlaufen sehen, werden wir nicht zweifeln, daß darin die Oberleitung haust. Darf sich die gleiche Vermutung nicht auch der Naturforscher erlauben, wenn er bemerkt, daß von dem Kern merkwürdige Doppelstäbchen nach allen Richtungen ausstrahlen, daß von ihnen feinste Fäden nach den Farbstoffträgern ausgehen, und daß diese Farbstoffplättchen in bestimmter Weise auf Reize reagieren? Alles das ist in der Kieselalgenzelle vorhanden — außerdem noch manch undeutbares und fremdartiges Gebilde, das in der Zelle selbsttätig herumwandert (man nennt sie Karyoide und Physoden). Schon dies sollte dem mikrologischen

* Als Frusteln bezeichnet man herkömmlicherweise die Gehäuse der Kieselalgenzellen.

Forscher einen besonderen Anreiz geben, sich doch in die feine Organisation dieser mehr als seltsamen Welt zu vertiefen, die für derartige, weite Horizonte eröffnende Zellenstudien überaus geeignet ist, da sich Kieselalgen leicht in Masse züchten lassen, sehr durchsichtig und oft so groß sind (Surirella, Nitzschia sigmoidea, Pinnularia viridis, unter den marinen Formen ist Antelminella mit freiem Auge gut sichtbar; ebenso auch Pleurosigma usw.), daß sie als wahre Riesen in der Einzellerwelt gelten können.*

Es wird dadurch auch manches von dem Innenleben der Zelle zu erfahren sein, bezüglich dessen man mehr auf gelegentliche Angaben als auf wohlgegründete Spezialuntersuchungen angewiesen ist. Immerhin weiß man, daß sich die Diatomeen nach echter Pflanzenart durch Kohlensäureassimilation ernähren. Ehrenberg hat zwar im Jahre 1837 die Berliner Akademie der Wissenschaften damit überrascht, daß es ihm gelang, für Navicula und Nitzschia-Arten durch „Fütterung mit Indigo" deren tierische Natur (er hielt sie deshalb für Magentierchen) zu erweisen — aber das hat sich als ein Irrtum herausgestellt, obzwar man der Angabe des sonst so Verläßlichen mehr Beachtung schenken sollte, um so mehr, als es auch farblose Kieselalgen (besonders Nitzschien) gibt. Ein berühmter Fundort solcher ist der bekannte „tote Grund" des Kieler Hafens, in dessen verunreinigtem Wasser viele Fäulnisstoffe reichlich Saprophyten ernähren.** Dort haben die Kieselalgen ihre Farbstoffplatten gänzlich zurückgebildet, während diese sonst, wenn man sie saprophytisch (also durch Zucker) nährt, nur ein wenig verblassen und verkümmern. Das Assimilationsprodukt ist jedoch niemals Stärke, sondern stets farbloses Öl, das man meist in großen Tropfen in allen Kieselalgen findet (vergl. die Bilder auf S. 165 und die Tafel). Wenn man bedenkt, daß die Samen, die das Bedürfnis haben, leicht zu sein, auch nicht mit Stärke, sondern mit Öl gefüllt sind, fühlt man sich dazu gedrängt, auch bei den Kieselalgen eine Verbindung zwischen der Ölproduktion und dem Bedürfnis nach Leichtigkeit anzunehmen. Es paßt gut zu solchem Gedankenflug, daß die Schwebewesen unter ihnen (namentlich im Meere) bedeutend dünnere, also auch leichtere Schalen haben als die Grundformen.

Trotzdem sie assimilieren, sind sie jedoch nicht grün, sondern braun, auch schön honiggelb, manchmal feurig-gelbbraun, öfters olivenfarben, sehr selten blau (Navicula ostrearia im Meere). Warum ist dies wohl? Bevor sich das beantworten läßt, muß man wissen, woher die Braunfärbung rührt. Kraus und Millardet, zwei französische Forscher, haben das zwischen 1866—1870 untersucht, und ihre Angabe, daß neben dem Chlorophyll noch ein gelber Farbstoff (Diatomin oder Phyxoxanthin) vorhanden sei, erbt sich seitdem von Lehrbuch zu Lehrbuch fort. Nun hat aber Prof. Molisch im Jahre 1905*** sicher festgestellt, daß so wie bei den Braun-

---

* Sie sind außerdem unschwer in Reinkulturen zu züchten, über deren Anlage man Näheres in den Berichten der Deutsch. botan. Gesellschaft 1903, S. 493, von Oswald Richter findet.

** Dr. O. Richter hat auf der Dresdener Naturforscherversammlung im Jahre 1907 neue Untersuchungen über diese Wesen vorgetragen, deren Ergebnisse höchst befremdlich anmuten. Eine von ihm reingezüchtete farblose Meereskieselalge verändert ihre Form in mannigfaltigster Weise. Sie variiert in den Dimensionen, bekommt hornartige Fortsätze, krümmt sich sichelförmig usw. Gelegentlich der Auxosporenbildung kriecht ihr Plasma amöbenhaft umher und vereinigt sich mit dem von anderen Zellen zu großen Plasmodien.

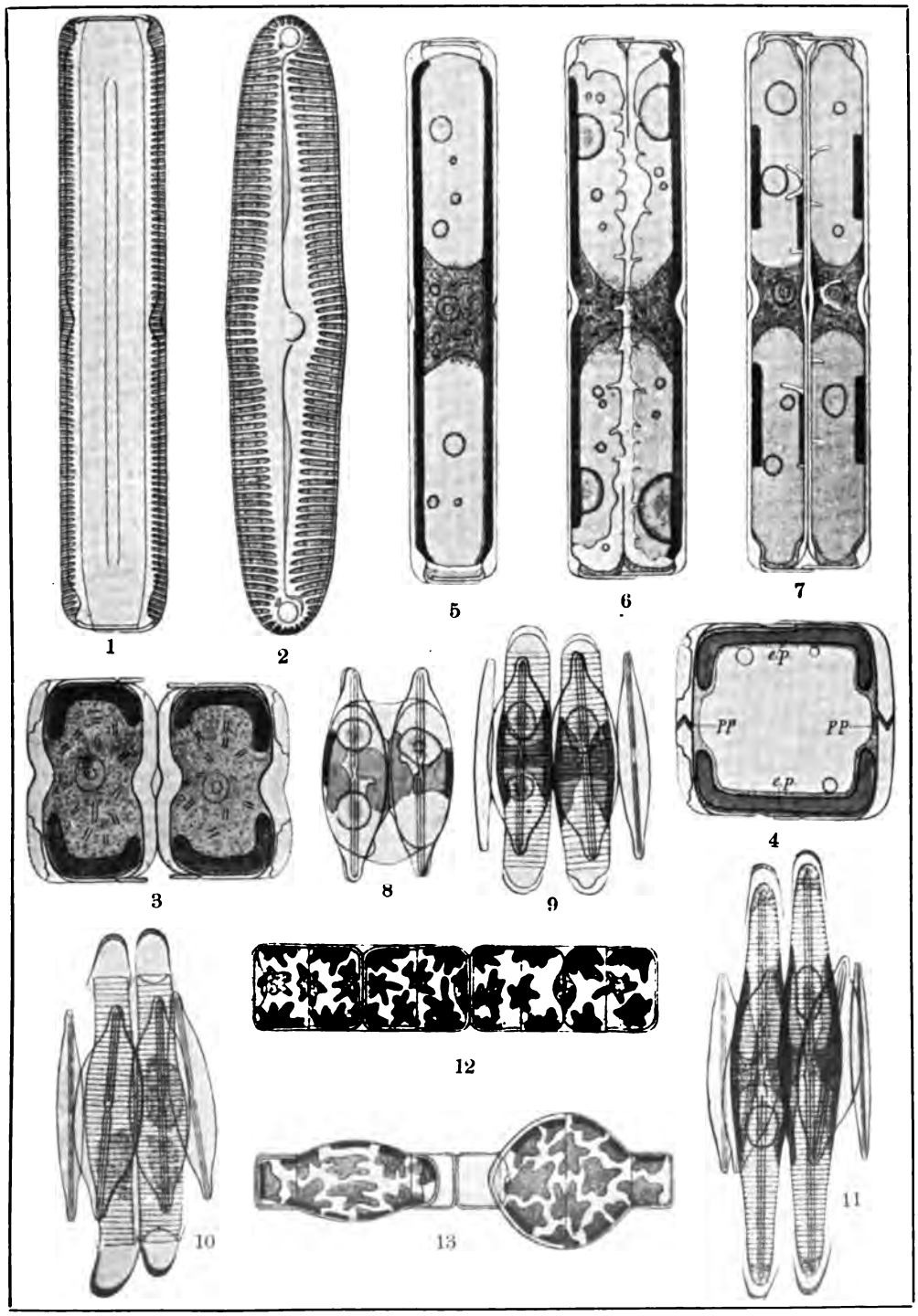
*** Botanische Zeitung, Jahrgang 1905. Heft VII/VIII.

algen auch bei den Diatomeen nicht zwei Farbſtoffe da ſind, ſondern vielmehr eine beſondere braune Abart von Chlorophyll (die er Phaeophyll nennt), die ſich auf chemiſchem Wege auch künſtlich aus Chlorophyll herſtellen läßt. Dagegen iſt in den aus Diatomeen und Brauntangen gewonnenen Chlorophyllöſungen noch ein Körper (Leukozyan) da, der ſich in ſehr verdünnter Salzſäure blaugrün färbt. So erklärt ſich das Geheimnis der blauen Kieſelalgen, ſo erklärt ſich die jedem Mikrologen wohlbekannte Tatſache, daß ſich tote Diatomeen grün färben, ſo rückt die von Gaidukov und Engelmann aufgeſtellte und experimentell erhärtete Anſicht zur noch größeren Wahrſcheinlichkeit vor, daß die Farbenänderungen des Blattgrüns (und damit der Algen) eine Anpaſſung an die jeweils vorhandene oder ſich ändernde Lichtart zugunſten der Aſſimilation ſind. Dem blauen Licht entſpricht das Braungelb — wer alſo den Nachweis erbringt, daß die Diatomeen am Teichgrund und im Meeresauftrieb blaues Licht genießen, hat die Schlußkette vollendet.

Dem gegenüber dünkt es mich unweſentlich, wie der Farbſtoffträger geformt iſt. Der Heidelberger Botaniker Pfitzer hat in einer wunderſchönen Monographie im Jahre 1877 die Chromatophoren der Kieſelalgen ausgiebig bearbeitet, und die prächtige Tafel, die ſich hier als Fakſimile ſeines Werkes eingeſchaltet findet, belehrt zur Genüge über die große Mannigfaltigkeit dieſer Gebilde. Als Ergänzung hierzu ſei auch noch auf meine Zeichnungen verwieſen, die auf S. 165 und 176 abgedruckt ſind.

Man legt in neuerer Zeit auf die Geſtaltung der Farbſtoffplatten viel Wert, weil man gefunden haben will, daß nach ihrer Form die Gattungen, ja ſelbſt Arten mit Sicherheit unterſchieden werden können. Ich warne davor, ſich dem anzuſchließen, denn in den vielen Jahren, ſeitdem ich Kieſelalgen ſtudiere, habe ich immer wieder große Veränderlichkeit der Chromatophoren gefunden. Sie ſind ja ſtets geradlinige oder gelappte Platten, die ſich jedoch mit dem Wechſel der Lebensumſtände gar vielfach ſpalten, vor allem bei einem Wechſel der Lichtverhältniſſe mit Vorliebe in linſenförmige Scheibchen zerfallen (wie dies bei Euglenen, Chlamydomonaden und vielen Algen die Regel), die dann durch geeignetſte Gruppierung nach dem Optimum des Lichtgenuſſes ſtreben, und damit einen Wink geben, daß hier teleologiſche Betrachtungsweiſe am Platze ſei. Die Chromatophoren, in denen meiſt viele Pyrenoïde eingelagert ſind, vermehren ſich durch Teilung und wandern zu dieſem Zweck manchmal auf einen beſtimmten Platz zum Zeichen, daß in der Zelle eine unverrückbare innere Organiſation vorhanden iſt, deren Geſetze noch zu erforſchen ſind. Dies ſollte uns vorſichtig und ſo hoffnungsvoll ſtimmen, als wären wir nach Blindheit nun zur erſten ſchwachen Lichtwahrnehmung gelangt, die es verſpricht, daß wir noch eine heute allerdings unfaßbare glanzvolle Welt genießen können — was mein feſter Glaube und vielleicht ein gutes Symbol für den heutigen Stand der Naturwiſſenſchaften iſt.

Noch beſſer ſymboliſiert ſich jedoch das Anfängerhafte der Naturforſchung von heute in der überaus großen Wertſchätzung, mit der man noch immer Arbeiten hochhält, die ſich in der Beſchreibung der Schalen erſchöpfen, worin das ſo unbegreifliche Wunderwerk des Diatomeenlebens eingeſchachtelt iſt. $^9/_{10}$ der zahlreichen Kieſelalgenfreunde betrachten das Lebende an der Kieſelalge als eine nutzloſe und unerfreuliche Beigabe, die man durch Feuer und Säuren zerſtören muß, ſoll man der „Wiſſenſchaft“ mit neuen Beſchreibungen — den Weg wahrer Erkenntnis noch mehr verſperren.



Bau und Vermehrung der Kieſelalgen (Diatomaceen).

1—7 = **Schiffchenalge** (Navicula [Pinnularia] viridis Ehrb.). 1 = Gürtelbandanſicht der Schalen. 2 = Schalenanſicht. 3 = Querſchnitt einer ſich ſoeben teilenden Zelle. 4 = Querſchnitt einer erwachſenen Zelle, um deren Schalenzuſammenfügung zu zeigen. 5 = Innerer Bau einer Zelle. 6—7 = Der Teilungsvorgang. 8—11 = Van Heurckia (Frustulia) saxonica Rab., Vermehrungskörper-(Auxoſporen)bildung in 4 fortſchreitenden Stadien von dem Austreten des Zellinhaltes (8) bis zur Neubildung der Schalen (9, 10, 11). 12—13 = Kettenalge (Melosira varians Ag.). 12 = Stück eines Zellfadens. 13 = Auxoſporenbildung auf ungeſchlechtlichem Wege in zwei Stadien. 500—1200fach vergrößert.

(Faksimile nach E. Pfitzer, Unterſuchungen über Bau und Entwicklung d. Bacillariaceen. 1871.)

UNIV. MICH.

Ausgeglühte Schalen sind es, die man allenthalben als „Diatomeenpräparate" zu kaufen bekommt, und das ästhetische Ergötzen an ihrer allerdings wunderbaren Skulptur gilt oftmas für wissenschaftliche Tätigkeit, namentlich wenn man dazu geläufig gleichgültige griechisch-römische Namen zu setzen weiß. So sind die Diatomeenfloren von Österreich, von Deutschland, England, Belgien, die Grunow, Schmidt, Smith, Cleve und van Heurck mit unendlichem Fleiß zusammengestellt haben, mit der Beschreibung von Hunderten von Arten angefüllt, deren lebendigen Körper noch nie jemand beachtet hat! Das ist ein Zustand, über den spätere Zeiten weidlich spotten werden, und der auch durchaus nicht so harmlos ist, wie manche Gutmütige meinen, die sich sagen, es schade ja niemand, wenn so viele Naturfreunde ihre freudige Genugtuung am sauberen Präparieren und Betrachten dieser entzückenden Kleinwesen hätten. Gewiß ist solche Beschäftigung jedenfalls edler als so manche sogenannte Liebhaberei, und sie ist auch harmlos — solange sie eben nicht für „Wissenschaft" genommen wird. Dieser Verwechslung vorzubeugen ist jedoch sehr schwer, und was daraus folgt, wenn derartiger Spezialistensport für moderne Wissenschaft genommen wird, kann man sich leicht ausmalen. Man kann dann eine „erste Autorität" auf dem Gebiet der Käfer-, Schmetterlings-, Schnecken-, Rädertierchen-, Kieselalgen- oder Ameisen-Beobachtung und -Unterscheidung sein und dabei völlig urteilsunfähig und unbeschlagen in den großen Fragen der Biologie oder gar der daraus hervorgehenden Weltanschauung. Und haben wir es nicht erlebt, daß man Verwirrung stiften ging mit den Nachrichten, der berühmte Naturforscher S. sei Spiritist, oder der allgemein bekannte Biologe W. sei strenggläubiger Katholik, ja sogar Jesuit? Also führe die Biologie, wenn man sie nur recht betreibt, zum Spiritismus und vertrage sich recht gut mit den Dogmen. . . . Daß in Wirklichkeit der spiritistische „Naturforscher" bloß ein Käfersammler, der Jesuit ein Ameisenspezialist sei, der sich sein emsiges Zergliedern und Beschreiben von Ameisen und ihren Gästen mit schlauer Berechnung als „moderne Naturforschung" anrechnen läßt, davon erfährt die irregeführte Öffentlichkeit freilich nichts.

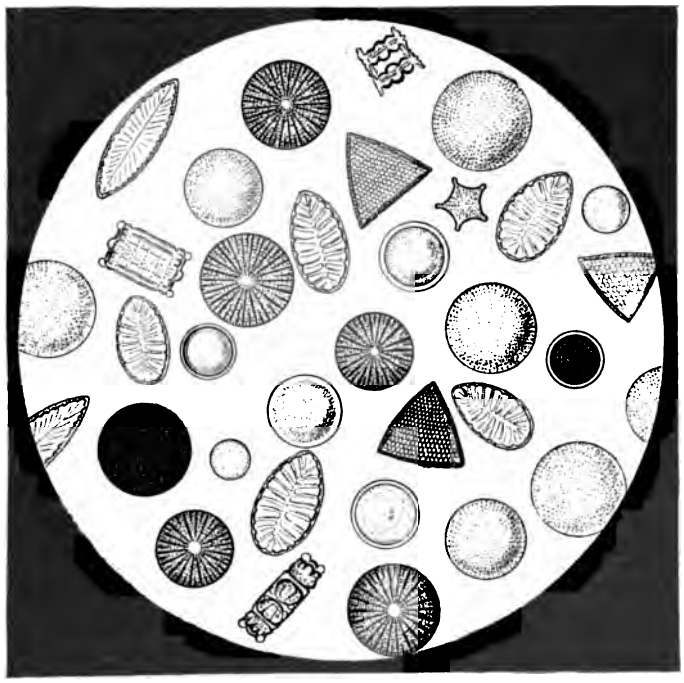
Mit nichts leisten wir also dem Fortschritt wahrer Erkenntnis mehr Nutzen, als wenn wir peinlich und reinlich unterscheiden zwischen wissenschaftlichem Sport und der schweren und harten Denker- und Forscherarbeit des wahren Naturforschers, der alle Kenntnisse seines fast unermeßlichen Gebietes zusammennimmt, der mit schärfster Erkenntniskritik Philosophie und Biologie ganz erschöpft, um aus der Gesamtheit der Geisteskraft Licht für das einzelne zu gewinnen und daraus wieder auf das Ganze zu schließen!

Die Frustelunterſuchungen sind Sport, wenn sie Selbstzweck sind, sie werden nur dann zur Wissenschaft, wenn man in der Gestaltung der Kieselschalen den Ausdruck der lebendigen Kräfte sucht.

Die plasmatische Zelle scheidet wie eine Muschel ein Gehäuse ab, das man seiner Gestalt halber treffend mit einer Schachtel verglichen hat. Die Hypotheka ist die eigentliche Schachtel und darauf gestülpt mit seinen übergreifenden Rändern ist der Deckel, den man in der Sprache der Diatomisten heute die Epitheka nennt. Wie sich diese Schale abscheidet, welchen Sinn ihre bezaubernd zierliche Ausstattung hat, darüber hat man keine Kenntnisse, sondern nur vage Vermutungen, wohl aber weiß man, daß sie in unerschöpflicher Mannigfaltigkeit zahlreiche Typen aufweist, die man freilich lange

so unterschieden hat, wie ein Kind seine Steinchen im Spiel sortiert: rechts die eckigen, links die runden, da die blauen, dort die roten. . . . . Man mußte erst versuchen, aus dem Spiel das wenige Ernsthafte, das dahintersteckt, herauszuholen.

Die Morphologie der Kieselalgenpanzer hat sich seit den Untersuchungen von E. Pfitzer und O. Müller als eine derartig komplizierte Sache herausgestellt, daß man viele Seiten brauchen würde, um sie faßbar darzustellen. Davon hält jedoch die Erwägung zurück, daß mit solcher Geduldprobe niemand in seinem Naturverständnis, worauf es doch ankommt, gefördert wäre. Darum soll hier nur das Allgemeine dieses Baues angedeutet und (wohlgemerkt!) absichtlich auf viele Baueigentümlichkeiten verzichtet werden. Da man von ihnen ohnedies nicht weiß, wozu sie da sind und wie sie die Zelle herstellt.



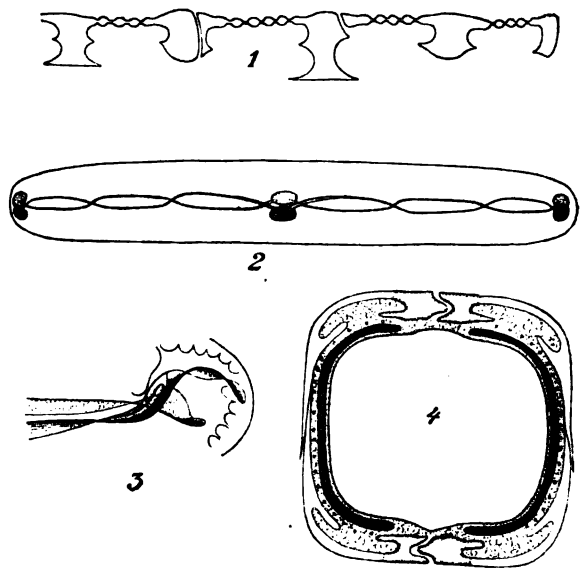
Meeresdiatomeen, als Beispiel des Unterschiedes zwischen den Gruppen der Centricae und Pennatae.
Die dreieckigen (Triceratium), runden (Arachnoidiscus und Coscinodiscus) und viereckiggeknöpften (Biddulphia) Formen sind Centricae, die eiförmigen (Surirella) dagegen Pennatae.
(Nach einer Original-Mikrophotographie von Lehrer M. Rawa).

Ich möchte empfehlen, sich nur das zu merken, daß, so verschieden im ersten Anblick auch eine Kieselalge von einem Peridinium (vgl. das Bild auf S. 60) zu sein scheint, die Ähnlichkeit der beiden Panzerbildungen doch sehr groß ist. Vielleicht wird es bald gelingen, die eine aus der anderen abzuleiten, denn die beiden Schachtelhälften der Diatomeen bestehen ebenso aus Platten (Schalen) und dazwischen eingeschobenen Verbindungsleisten (Gürtelbänder, Zwischenbänder, Copulae) wie der Panzer des Peridinium.

Nur wechselt das sehr im einzelnen. In jedem Fall ist jedoch die dicke Schale (Valva) und das ringförmig gebogene, mit der Schale festverbundene Gürtelband (Pleura) da. Die zwei Gürtelbänder der oberen und unteren Panzerhälfte greifen übereinander, wie das unser Bild auf S. 171 anschaulich macht.

Dieser Bau allein ist das Wesentliche. An ihm modeln nun die Anpassungen. Sie bereichern ihn durch besonders gut gefalzte Verbindungen zwischen den einzelnen Bestandteilen, durch eingeschobene Zwischenstücke zwischen Schale und Gürtelband. Bald entwickeln sich die Gürtelbänder auf der einen Seite schwächer als auf der anderen,

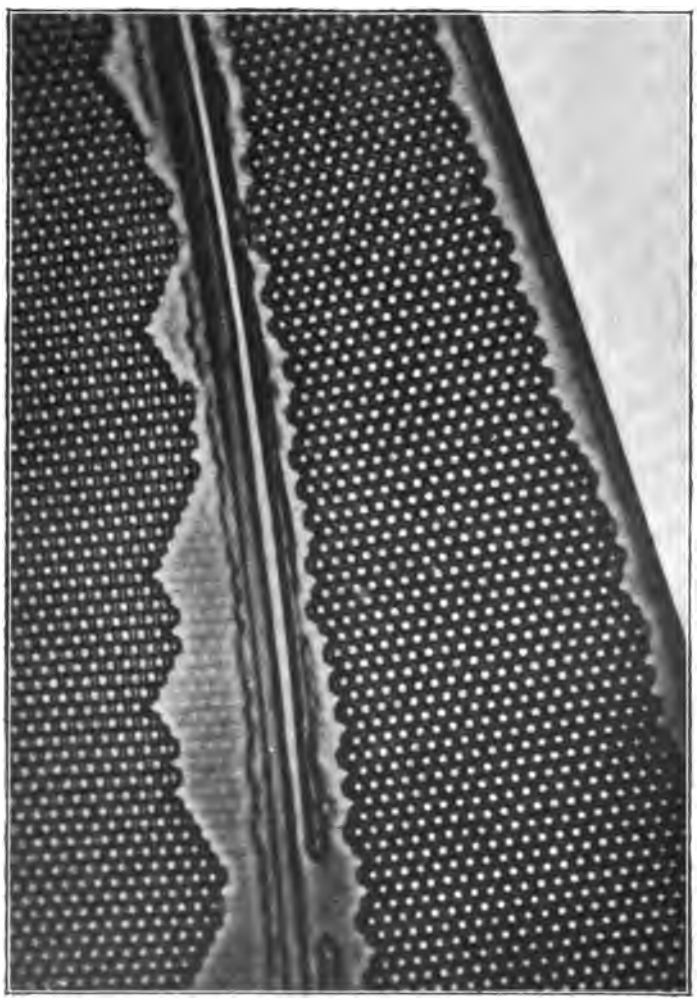
oder sie krümmen sich, und auch die Schalen steigen dachig empor oder krümmen sich. In anderen Fällen sind die Bestandteile windschief gegeneinander verschoben. Es treten Kiele auf, es erscheinen Buckel, Hörner, Einstülpungen, Flügel, Borsten — kurz, es erscheint die anmutige Mannigfaltigkeit, nach der man die Familien und zum Teil auch die Gattungen unterscheidet. Die Entwicklung der Formen geschah im allgemeinen nach zwei Richtungen, nach denen Fr. Schütt seine glückliche Einteilung wählte. Ein Teil der Kieselalgen richtet den Wuchs strahlig ein — so wie die Seesterne und Korallen unter den Tieren; — das sind die Centricae, der andere strebt nach zweiseitiger Symmetrie, entwickelt sich zu Bauch-Rückenwesen, wie die Insekten und alle höheren Tiere. Das gibt die Gruppe der Pennatae. Man betrachte die Meeresdiatomeen auf S. 170 und vergleiche damit Navicula auf der Tafel und man hat den Unterschied der beiden Typen erfaßt.



Schalenstruktur und Spaltbildungen der Kieselalgen.
1 = Querschnitt der Zellwand von Eupodiscus Argus. 2—4 = Der feinere Bau des Spaltes bei der großen Schiffchenalge (Pinnularia viridis). 2 = Schematischer Verlauf des Spaltes in beiden Schalenhälften mit den End- und Mittelknoten. 3 = Stark vergrößerter Endknoten mit den schraubig gewundenen Spalten. 4 = Querschnitt durch die Zelle, zur Verständlichmachung der Spalttätigkeit. (Nach O. Müller und Lauterborn.) Mit Ausnahme der 2. Abbildung stark vergrößert.

Ist es mir geglückt, wonach ich ringe: meine Leser zum Denken zu erziehen, so haben sie es nun schon selbst herausgefunden, daß bei solchem Bauplan eine Kieselalge ein Gesicht und ein Profil hat, je nachdem man ihre Schalenseite oder ihre Gürtelbandseite sieht (vgl. die Tafel). Das stürzt den Anfänger in manche Verwirrung besonders dadurch, daß nur die dicken Schalen mit der feinen Verzierung prangen, welche die Kieselalgen zu so vielbewunderten Schaustücken macht. Anfangs verwechselt man mit dem Schmuck auch das — wie es scheint — sehr lebenswichtige Organ, das man in der Fachsprache die Raphe nennt und zu deutsch den Spalt nennen sollte (nicht aber die Naht, wie man oft unverständig sagt). Diese Raphe ist nun wieder einmal ein Anzeichen, daß eine Zelle nicht das einfachste, sondern das geheimnisvollste Ding der Welt ist. Otto Müller hat das sehr liebevoll studiert und gibt eine Beschreibung davon, die schwindeln macht. Man höre und staune: Eine der großen Navicula-Arten hat als Rapheapparat die in den beiden Zipfeln der Schalen so leicht sichtbaren Endknoten, den in der Mitte liegenden Mittelknoten und das alle drei verbindende System von Spalten und Kanälen. Durch diese tritt der lebendige Inhalt der Zellen in Verbindung mit der Außenwelt, was für den Stoffwechsel von Wert sein muß und auch sonst für das Leben dieser kleinen Wesen nicht ohne Bedeutung sein kann, wie wir das gleich erörtern werden (vergl. das obenstehende Bild).

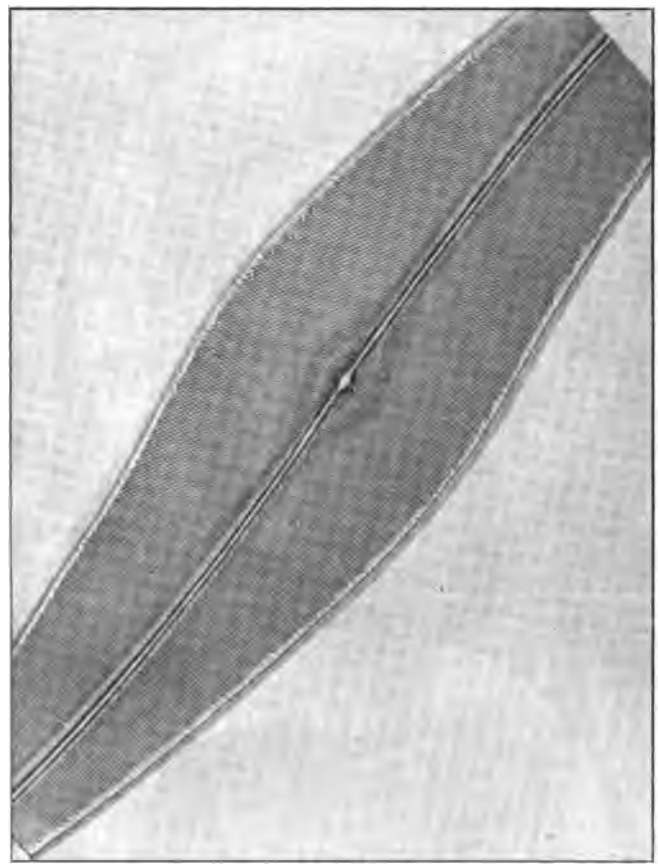
Nicht weniger zusammengesetzt sind auch die Verzierungen, mit deren Unterscheidung und Betrachtung sich so viele Kleinweltfreunde unterhalten. Die Mikroskophändler fügen daher ihren Instrumenten gewöhnlich auch ein oder mehrere Präparate zum Erproben der Güte der Linsen bei, die man in dem antikisierenden Kauderwelsch, der in unseren Tagen noch alle Erkenntnis dem Volke erschwert, Testobjekte nennt. Es sind darunter gewöhnlich Schmetterlingsschuppen und Kieselalgen*, deren feine Zeichnung allerdings auch recht geeignet ist, die Auflösungskraft einer Linse und zugleich die kleinen Fehler festzustellen, die ihr unter Umständen anhaften können. Es gibt daher wohl keinen Mikroskopfreund, der diese überaus zierlichen Kunstwerke nicht aus eigener Anschauung kennt, wenn er auch nur selten so weit vordringt, mit eigenen Augen das zu sehen, was ihm hier unsere gute Photographie des beliebtesten aller solcher Präparate, des Pleurosigma angulatum, von deren Skulptur verrät. Den Naturforschern hat es viel Mühe gemacht, die wahre Natur dieser Gebilde zu ergründen. Gemeinhin erscheinen sie einfach als Körnchenreihen oder (Beispiel: Pinnularia, siehe die Tafel) tiefe Einkerbungen im Panzer — doch ist das eine optische Täuschung. Man hat vielmehr in den zwar noch nicht sehr zahlreichen Fällen, in denen man die Sache bis in ihre letzten Einzelheiten verfolgte, gefunden, daß es meist Kammern sind nach Art der anbei abgebildeten (so bei Pleurosigma, Triceratium), die gewöhnlich



Stück einer Pleurosigma angulatum-Schale, sehr stark vergrößert. (Original-Mikrophotographie von G. Hausmann-Göttingen.)

* Zumeist Pleurosigma angulatum, Pl. attenuatum, ferner Surirella und Grammatophora-Arten.

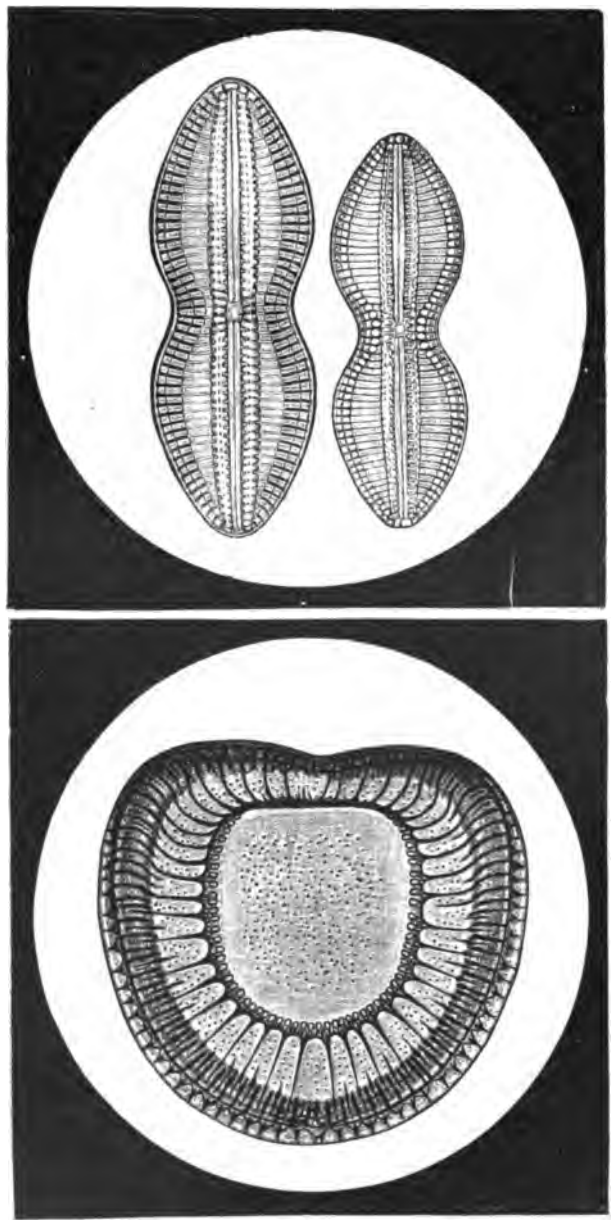
noch mit Tüpfel und Poren durchsetzt sind, oder aber (Pinnularia und die anderen Naviculeen), daß auf der ursprünglichen Zellhaut Leisten aufgesetzt sind, die nach dem Zellinnern zu Kammern bilden. Natürlich kombinieren sich, wie stets in der Natur, die verschiedenen Möglichkeiten, und nichts darf nach der Schablone, sondern alles muß stets nach den jeweils gegebenen Verhältnissen beurteilt werden. Im allgemeinen sind Poren dann vorhanden, wenn der Spalt fehlt, was darauf schließen läßt, daß sie eine lebenswichtige Tätigkeit auszuüben haben, an die man denken muß, wenn man den Stoffwechsel der Kieselalgen erforschen will. Die Kämme und Leisten, die Wanddurchbrechungen und Kammern sind sicherlich auch nicht ganz zwecklos. Sie sichern nach der Statik große Festigkeit bei zugleich erreichter Leichtigkeit des Baues und sparsamer Verwendung der Baumaterialien. Wenn man entlang der alten Stadtmauer von Nürnberg geht und daselbst überall die gleichen Kämme und Hohlräume sieht, erkennt man mit Verwunderung, daß die Menschen des Mittelalters, welche nur aus Erfahrung und nicht aus Berechnung so bauten, sich des gleichen Vorteils bedienten wie die Kieselalgen. Damit erhellt sich manches sowohl in der Geschichte der Kultur als auch im Verständnis der Natur, mit der man eigentlich auf Schritt und Tritt das Mühen des Menschen in Analogien bringen kann, ja sogar muß, wenn man beides verstehen will.



Schale von Pleurosigma angulatum bei starker Vergrößerung. (Original-Mikrophotographie von Prof. Zacharias-Plön.)

Nur das Baumaterial ist in diesem Fall gründlich verschieden, denn die Kieselalgen legen ihre „Stadtmauer" aus dem feinsten und reinsten, aus unzerstörbarem Stoffe an, auf den auch die findigste Sorte von Menschen, also die Amerikaner, erst in jüngster Zeit verfielen, nämlich aus Glas. Ihr deutscher Name besagt schon, daß sie mit Kieselerde (SiO_2) hantieren. Das ist dem Botaniker nichts Fremdes und vielleicht auch dem Naturfreund nicht, wenn er, im Sumpflande watend, sich die Finger am messerscharfen Röhricht und Riedgrase zerschnitt und dadurch erfahren hat, daß alle

Gräſer ihre Sprödigkeit durch reichliche (50—80 %) Kieſelſäureeinlagerung erlangen. Befragt man den Pflanzenlebensforſcher nach der Aufgabe eines ſcheinbar ſo wertloſen Stoffes im lebendigen Getriebe, ſo wird er zwar nicht ſehr geſprächig werden, denn die Quellen ſchweigen zumeiſt; aber immerhin kann er ſich daran erinnern, daß man unvollkommen ausgebildete Früchte erhielt, als man Hafer in kieſelſäurefreier Nährlöſung erzog, woraus zu folgern iſt, daß das ſeltſame Element für die günſtige Abwicklung des Stoffwechſels eine allerdings noch dunkle Bedeutung hat. Auch mag dadurch der Appetit beutelüſterner Tiere herabgemindert werden, ſo daß ſie „Zuchtwahl“ üben und derartig ſtachelig-unverdauliche Biſſen, wie eine Kieſelalge ſie darſtellt, verſchmähen. Aber nicht an dieſen Dingen bleibt der Nachdenkliche hängen, ſondern vielmehr daran, woher denn eigentlich die winzige Kieſelalge ihr Silizium nimmt, da es doch in den Gewäſſern nur in Spuren vorhanden iſt? Nur in heißen Quellen ſind etwa 0,5 % H_2SiO_3 im Waſſer gelöſt, in gewöhnlichen Quellen nicht ein Hundertſtel davon. Und doch gedeihen in einem kleinen Waſſertümpel Millionen von Kieſelzellen, deren Panzer die Kieſelerde ſo vollkommen in ſeine aus Zelluloſe beſtehende Grundmembran aufnimmt, daß er auch als ausgeglühtes Kieſelſkelett noch die allerfeinſten Einzelheiten dem überraſchten Beſchauer oft noch ſchöner darbietet als im Leben.



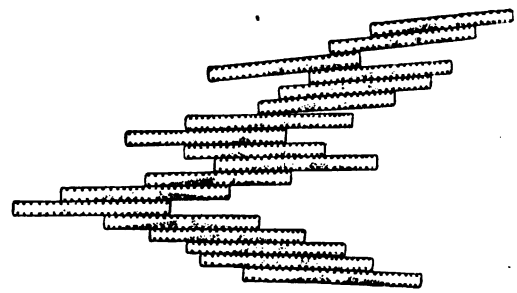
Ausgeglühte Kieſelalgenpanzer von Diploneïs (oben) und Campylodiscus (unten), als Beiſpiel feiner Ornamentierung der Schalen.

Kerner von Marilaun führt in ſeinem prächtigen „Pflanzenleben“ darüber folgende eigene Erfahrung an: „Oberhalb der Arzler Alpe in der Solſteinkette bei Innsbruck entſpringt am Fuß einer mäch-

tigen Kalkwand eine Quelle. Ihr Wasser ist hart, enthält viel Kalk und setzt auch in einiger Entfernung von der Ursprungsstelle Kalktuff ab. Unmittelbar an dem Orte, wo es aus einer Felskluft hervorquillt, ist das Rinnsal ganz erfüllt von einer dunkelbraunen, flockigen Masse, und diese Masse besteht merkwürdigerweise aus Milliarden von Zellen einer kieselschaligen Diatomee, des zierlichen Odontidium hiemale, welches, zu langen Bändern aneinandergereiht, hier in größter Üppigkeit gedeiht. Das umflutende Quellwasser aber enthält so wenig Kieselsäure, daß in dem nach Abdampfung von 10 Liter verbliebenen Rückstande noch immer keine Spur davon ermittelt werden konnte."

Diese eine Tatsache müßte genügen, um diejenigen Naturforscher, welche noch glauben, die Lebensgesetze seien nur eine Verwicklung der physikalischen Gesetze, von dieser Meinung abzubringen. Denn sie ist der volle Beweis, daß die Kieselalgenzelle nach ihrer Wahlfähigkeit den mechanischen Gang der Dinge unterbrechen und sich aus dem Wasser so viel Kieselerde aneignen kann, wie sie braucht. Sie steht also mit ihrem Leben über der physikalischen Gesetzmäßigkeit, so wie wir Menschen auch, die wir die Natur uns in gleicher Weise dienstbar machen.

Das Kieselzellchen führt uns die Eigenartigkeit des „Lebens" übrigens unmittelbar auch dadurch vor Augen, indem es sich selbsttätig bewegt.



Stabalgen (Bacillaria paradoxa Kg.). Ketten, die aneinander gleiten. (Nach Kützing.)

Dieses Schauspiel ist so sonderbar, daß es etwas näher beschrieben werden muß. Sehr lebhaft (7—17 tausendstel Millimeter in der Sekunde) bewegen sich namentlich die farblosen, überhaupt kleineren Navicula- und Nitzschia-Arten. Sie rücken stoßweise vor und zurück, sind dabei jedoch stets an eine Unterlage gebunden, auf der sie gleiten können. Sie schwimmen nicht frei, sondern rutschen am Boden unbeholfen, doch behend wie kleine Kinder. Ein besonders reizvolles Bild gewährt dabei die sowohl im Meere als im Süßwasser lebende, leider seltene Stabalge (Bacillaria paradoxa, s. das Bild), deren lange Stäbe zu Ketten vereinigt, einzeln aneinander hin- und hergleiten, alle zusammen aber auch fortschreiten, indem sie gleichsinnig vorwärtsstreben. Wenn die eine Zelle kehrt macht, pflanzt sich ihre rückläufige Bewegung bald auch auf die andern fort als Zeichen, daß die Zellen in einem gewissen Austausch stehen.

Was bewirkt diese Beweglichkeit? Darüber liegen die Ansichten im Widerstreit. Man hat an innere Druckschwankungen gedacht; lange Zeit hindurch ist die Ansicht von Max Schultze verteidigt worden, daß bei dem Spalt ein Plasmafuß hervortrete, der dann nach Amöbenart das Zellchen fortbewegt. Neuere Kritik hat aber auch diese Ansicht erschüttert. Man hat sich zwar davon überzeugt, daß nur die spaltführenden Kieselalgen beweglich sind, daß also der Spalt dabei wirklich in Betracht kommt; aber man hat mit Erstaunen bemerkt, daß die Zellen nicht nur auf der Schale, sondern auch auf der Gürtelbandseite gleiten. Woraus zu schließen war, daß die Sache nicht so einfach ist, wie es Schultze glaubte. Otto Müller, dessen hierhergehörige Arbeiten

in den Berichten der Deutſchen botaniſchen Geſellſchaft zu ſuchen ſind (1889—1899), hat mit großem Fleiß dargetan, daß ſich die Bewegung hinlänglich erklären läßt, wenn man annimmt, daß in den Spalten vom Endknoten zum Mittelknoten Plasma ſtrömt, welches, da die Spalten ſchraubig gedreht ſind, durch die mechaniſche Reibung an dem Waſſer nach Art einer Schiffsſchraube arbeitet und das Kieſelſchifflein vorwärtsſtößt. Dieſe lebendigen Ströme verraten ſich oft durch die Bewegung kleiner Körnchen, die dem Spalt entlang wandern und ſchließlich abgeſtoßen werden. Als dann neuerdings Lauterborn die ſoeben wiedergegebene Erklärung dadurch nachzuprüfen ſuchte, daß er die Kieſelalgen in mit Tuſche angeriebenes Waſſer ſetzte, zeigte ſich, daß Kieſelalgen oft von einer Gallerteſcheide umſchloſſen ſind, in der aber wirklich die wirbelnden Bewegungen vorhanden ſind, die der Theorie entſprechen.

Gomphonema acuminatum, Kolonie mit verzweigten Gallertſtielen, darauf an kurzem Gallertſtiel eine Achnanthes-Zelle ſitzt. Stark vergrößert. (Original des Verfaſſers.)

Iſt damit der Mechanismus der Bewegung immerhin befriedigend erklärt, ſo wiſſen wir allerdings noch gar nichts über die Urſachen, bezw. die Zwecke der Bewegung. Sieht man ſo ein Kieſelſchiffchen hin und wieder rücken, oft mit großem Mühen doch nichts erreichend, weil es in der zweiten Minute das verliert, was es in der erſten gewonnen hat, dann iſt man fürwahr geneigt, dies Spiel für den ſinnloſen Ausdruck irgendwelcher innerer Vorgänge zu nehmen. Aber man merkt bald, daß die Diatomeen durch ihre Beweglichkeit immer eine beſtimmte Beleuchtung aufſuchen, daß z. B. die Koscinodiscen im antarktiſchen Meere ſtets nur in gewiſſen Waſſerſchichten vorkommen, oder daß alle farbſtoffführenden Kieſelalgen bei Wechſel der Beleuchtung ſtets ſo wandern, daß ſie die ihnen urſprünglich zuſagende Helligkeit wieder finden. Sie vergraben ſich daher bei ihnen zu grellem Licht in den Boden, ſtreben aber gemeinhin im Aquarium aus dem Schlamm empor zum Lichte, ſo daß man ſie leicht auf Glasplatten fangen kann, die man in die Kulturen hängt. Wenn man nun ſolche beſcheidene und doch vielſagende Lebenszeichen beachtet, wird man nicht umhin können, in ihnen den rührend unbeholfenen Ausdruck von dumpfer Luſt und Unluſt zu ſehen, durch deren Sporn ſich die Kieſelzelle mit wahrſcheinlich großer Anſtrengung dieſe Schneckenbeweglichkeit geſchaffen hat, nur um auch auf ihre Weiſe teilzuhaben an der Steigerung der Daſeinsfreude, die auch dem Plasma einer armſeligen Stückelalge nicht verſagt ſein kann.

Als den Ausdruck des Strebens nach Erleichterung der Exiſtenz faſſe ich auch die vielerlei Gallertausſcheidungen auf, zu denen ſich ſehr viele Kieſelalgen (Diatoma, Tabellaria, Licmophora, Brébissonia, Grammatophora u. a.) in beſonderen „Gallertporen“ ein Organ geſchaffen haben, das ihnen nach Bedarf Gallerte bildet, um die Zellen zu Ketten aneinanderzuheften (beſonders Diatoma vulgare Bor., Bild S. 184 und Tabellaria flocculosa Kg., Bild S. 184), oder um Gallertſtiele

auszuscheiden, auf denen sich oft ganze Kolonien wie Blätter auf vielverzweigten Ästen wiegen (Gomphonema, s. das Bild, Brébissonia, Rhoicosphenia, auch Cocconema auf S. 165 und Licmophora in Bd. I, S. 458). Die gestielten Formen (ihr typischer Vertreter in den heimischen Gewässern ist die Gattung Gomphonema) sind gewöhnlich auf Steinen, untergetauchten Hölzern oder an Fadenalgen (namentlich an Cladophora und Conferva) in dichten Rasen angeheftet, deren Beobachtung bald darauf leitet, daß die Ausscheidung der Gallerte nicht von dem Zufall abhängt, sondern von den Bedürfnissen der Zelle geregelt wird. Man achte wohl darauf: inmitten von kleinen Algen (z. B. Characium) bleibt auch Gomphonema kurzgestielt. Wo aber ein dichter Pelz von hochwüchsigen Algen (Ödogoniumfäden, Synedra radians), oder Überzüge von Infusorien die Gefahr heraufbeschwören, daß die Gomphonemafächerchen erstickt und von dem Licht abgesperrt werden, da greifen die Gallertstielchen hoch hinauf, und es entsteht ein ganz anderer Habitus: als Zeichen, daß die Alge ihr Bedürfnis wahrgenommen hat.

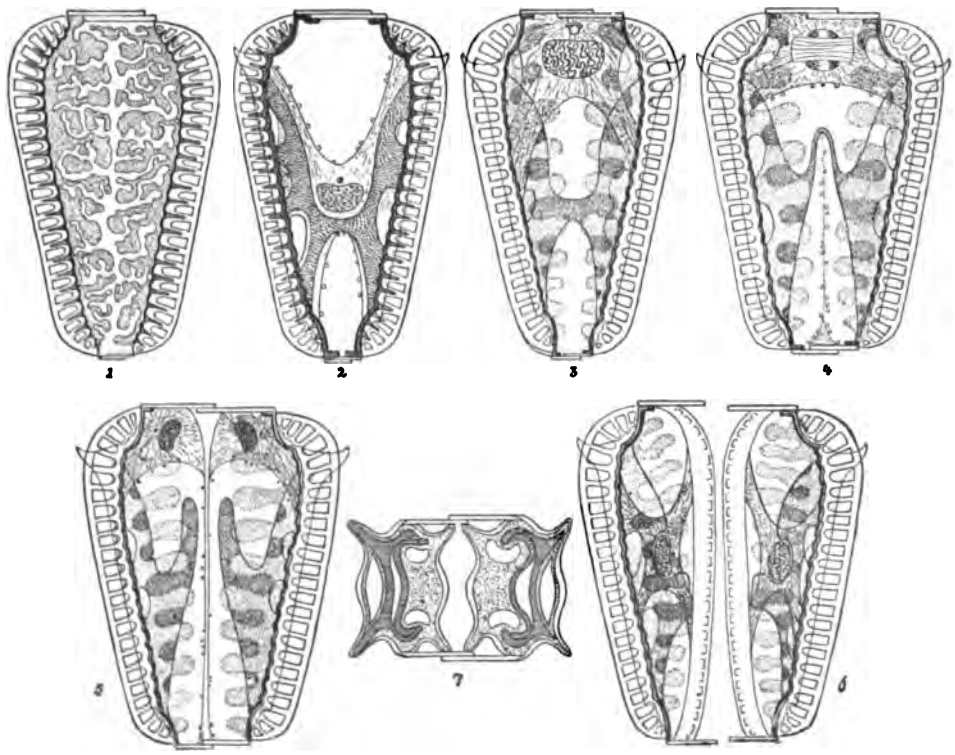
Mit dem gleichen Baustoff errichten die Kieselalgen auch noch andere Erzeugnisse ihrer Kunstfertigkeit. Viele (vielleicht alle) Schwebeformen hüllen sich in einen Schleimmantel oder spannen Gallertfäden zwischen den Zellen aus (Asterionella, Bild S. 16, Cyclotella comta, Bild s. die Tafel zu S. 458, Bd. I, Coscinodiscus). Andere bereiten sich eine wahre Klebefläche, womit sie sich an Fadenalgen und sonstige Wasserpflanzen flach anlegen (Cocconeis, Epithemia, Bilder auf S. 165) oder aneinanderheften (Fragilaria, Melosira, s. die Tafel Fig. 12). Die erstaunlichste Äußerung dieser Fähigkeit, mit Gallerte zu bauen, liegt aber wohl bei den zu Fäden und in Schläuchen eingeschlossenen Kieselalgen vor, wonach die Gattungen Schizonema, Colletonema, Van Heurckia, Homoeocladia u. a. unterschieden werden.

Diese gedeihen meist in Flüssen, rasch dahinwallenden Bächen oder in der Wellenzone des Meeres und sind der Bewegung ihrer Umgebung ganz vortrefflich angepaßt. Hunderte und Tausende von Zellen vereinigen sich und wohnen in flutenden, vielverzweigten, dem Auge sichtbaren Gallertbüscheln, welche die Wuchsform höherer Algen (Ektokarpeen) auf das täuschendste nachahmen. Diese Staatenbildung ist noch zu erklären. Wie kann die einzelne Zelle dazu kommen — so müssen wir uns fragen — so gesetzmäßige, widerstandsfähige Gallertschläuche dadurch zu bauen, daß sie bei jeder Teilung noch etwas Schleim ausstößt? Aber das ist eine Frage, auf die heute niemand antworten kann, wenn auch damit eines der brennendsten Rätsel der Naturforschung, nämlich das der Epigenese, d. h. in letzter Hinsicht die Auseinanderfaltung des Menschen aus dem Einzeller, gelöst wäre.

Die Gallerte wird von den Kieselzellen schließlich auch dazu benützt, den Vorgang ihrer Vermehrung vor störenden Einflüssen zu behüten. Diese Vermehrung erfolgt durch eine Querteilung der Zellen, über deren Einzelheiten Pfitzers Tafel und das beistehende Bild alle wünschenswerte Erläuterung gewährt. Es ist an ihr nur das eine bemerkenswert, daß die Zellhaut der Nachkommen bereits bis in feine Einzelheiten, innerhalb der Gürtelbänder der Eltern angelegt sind, was zur notwendigen Folge hat, daß im Kreise der Kieselalgen die Kinder stets um ein Geringes kleiner sind als die Eltern. Bedingung hierfür ist freilich, daß ihre Schalen nicht wachsen, aber das ist der Dicke nach auch nicht möglich, da doch die Kieseleinlagerung, also die Mineralisierung,

ſchon ſofort nach der Teilung erfolgt. Höchſtens können Zwiſchenbänder eingeſchoben werden (wie es bei Triceratien und anderen Geſtalten auch üblich), wodurch ſich das Zellchen der Länge nach vergrößert.

Da nun bei ſonſt günſtigen Lebensumſtänden ſchon alle 4—5 Tage bezw. Nächte (denn dann vermehren ſich die Stückelalgen am liebſten) eine neue Teilung einſetzt, ergibt ſich daraus der ſonderbare Tatbeſtand, daß die Kieſelzellchen eines Gewäſſers



Lebensgeſchichte von Surirella calcarata Pfitz.
1 = Zelle in Gürtelbandanſicht mit dem Farbſtoffträger. 2 = Die gleiche mit dem Zellkern und Plasmakörper. 3—6 = Das Vorſchreiten der Zellteilung in den einzelnen Stadien der Wanderung des Zellkernes an das eine Ende (3), der erſten Anlage der neuen Wand (4), der vollſtändigen Zerlegung des Zellinhaltes (5) und der Neubildung der fehlenden Schalenhälften (6), was in Fig. 7 im Transverſalſchnitt dargeſtellt iſt. (Nach Lauterborn.)

im Laufe des Jahres immer kleiner werden. Das hat Pfitzer, als derjenige Naturforſcher, der dieſe Verhältniſſe zuerſt am ſorgſamſten erkundete, wohl bemerkt, und es brachte ihn auf den Gedanken, die Pflanze müſſe ein Hilfsmittel erſonnen haben, um dieſer unmöglich weit zu treibenden Verzwergung entgegenzuwirken. Und er entdeckte auch ihr Geheimnis. Zu Beginn des Lenzes oder im Spätherbſt bilden die Kieſelalgen Verjüngungszellen (Auxoſporen genannt), mit deren Hilfe ſie ihre urſprüngliche Größe wieder herſtellen. Um das zu verſtehen, beachte man die Bilder (Fig. 8—13) unſer Tafel. Zuerſt verſtändigen wir uns über das Weſentliche dieſer Verjüngung, um deren Erforſchung außer Pfitzer beſonders zwei norddeutſche Forſcher, Karſten und Klebahn, Verdienſte haben. Wenn ein in eine Schachtel geſperrtes Lebeweſen in ſolcher Enge nicht wachſen kann, ſo handelt es am zweckentſprechendſten, wenn es in

geeigneter Weise sein Mieder abwirft und rasch das lang Vorenthaltene nachholt. So handeln denn auch wirklich die Diatomeen. In großer Menge scheiden sie Gallerte aus und isolieren sich damit gewissermaßen in einem ungestörten Kämmerchen, wo sie ihre Umkleidung vornehmen können. Dann befreien sie sich von dem zu eng gewordenen Panzer. Aber nicht auf dieselbe, sondern auf so vielerlei Weise, daß man ganze Reihen zusammengestellt hat, wie sich die Handlungen der Kieselzellen vom einfachsten bis zu einem verwickelten geschlechtlichen Akt steigern oder umgekehrt nach neuerer Auffassung, wie ihre bei dieser Gelegenheit zutage kommende Geschlechtlichkeit zurücktritt (also Geschlechtsverlust, d. i. Apogamie, eintritt). Man unterscheidet demgemäß geschlechtliche und ungeschlechtliche Auxosporenbildung, und wenn ich hier die zwei äußersten Fälle beschreibe, kann man sich die vorhandenen Zwischenstufen leicht selbst ausmalen. Die Pflanze bedient sich bei diesen Vorgängen stets ihrer Gallerte in mannigfachster Weise; durch sie zersprengt sie die Panzerhälften, und indem sie Gallertfortsätze als „Fangarme" benützt, stellt sie damit sogar die Vereinigung der verschmelzenden Zellen her.

Einen der einfachsten Verjüngungsvorgänge kann man im Frühling leicht bei den dann allenthalben massenhaft auftretenden Kettenalgen (Melosira-Arten) beobachten. Er findet sich in Fig. 12—13 unserer Tafel abgebildet. Das Plasma sprengt einfach die Schalen, schwillt binnen einer Stunde zu einer großen kugeligen Verjüngungszelle an, die sich einen neuen Panzer bildet. So handeln fast alle Planktonkieselalgen (Chaetoceras, Rhizosolenia), und wenn man annehmen will, daß sich bei ihnen eine ursprünglich vorhandene Zwiegeschlechtlichkeit so weit zurückgebildet hat, so hat man auch gleich die Erklärung dafür bei der Hand, daß sich zwei dem Wellenspiel anheimgegebene Liebende so selten treffen, daß sie sich unmöglich darauf verlassen können. Die Grundkieselalgen sind günstiger daran. Wenn Achnanthes longipes, wie man beobachtet hat, sich von ihrem Stielchen ablöst und zu einer gestielten Zelle heranwandert, sich der Länge nach neben sie legt, wenn beide dann nach dem Abwerfen ihrer Rüstung in eine Zelle verschmelzen, wobei auch das seltsame Vereinigen der Zellkerne (das wir in Bd. II, S. 485 bereits als eigentliches Erfordernis aller Sexualakte kennen gelernt haben) nicht fehlt, so ist in dieser höchsten Form der Auxosporenbildung eine wahre Befruchtung gegeben, welche für die Verwandtschaft der Kieselalgen mit höheren Algen (Konjugaten) Zeugnis ablegt und sich im Wesen gar nicht von der geschlechtlichen Fortpflanzung des Menschen unterscheidet.

So weit reichen heute die Kenntnisse. Ihre Grenze wird durch die Frage nach dem physiologischen Nutzen dieses Geschlechtsaktes gezogen. Es gibt zwar auch bei den Stückelalgen Dauerzellen wie bei den Flagellaten. Sie sind gerade bei den apogamen Gattungen (Chaetoceras, Bacteriastrum, Rhizosolenia) vorhanden, woraus sich vielleicht schließen läßt, daß die Befruchtung einen Ersatz dafür darstellt — aber man irrt ohne festen Anhaltspunkt auf dem weiten Feld der Vermutungen, denn der Geschlechtlichkeit wahrer Sinn ist noch immer jener „unbekannte Gott", in dem antike Naturauffassung so sinnig und vielsagend das gleiche Geheimnis zu symbolisieren wußte.

Da „Wissenschaft nur für das Wissen" ein Unding ist, muß man sich auch Rechenschaft ablegen darüber, was uns diese vielen, über die Kieselalgen erworbenen Kenntnisse nützen. Da kann man sich denn merken, daß die Kieselalgen, da sie ob ihrer unzerstörbaren Panzer die Zeiten überdauern und daher in allen Ablagerungen fossil

zu finden sind, uns einen steckengebliebenen Entwicklungszweig des Urlebens auf Erden vor Augen führen. Es ist, wenn sie auch — wie wir schon an allen passenden Stellen ausführten — innige Verwandtschaftsbeziehungen zu Peridineen und Konjugaten (nämlich Desmidien) aufweisen, kein Zweifel möglich, daß die höher entwickelten Algen nicht aus Kieselalgen hervorgingen, sondern sie sind ein Entwicklungsansatz, der seit dem Kreidemeer (in dessen Ablagerungen zum Teil noch heute lebende Gattungen* zu finden sind) abbrach, der nie mehr wieder weiter kam. Und warum nicht weiter kam? Vielleicht weil sich das Leben einer unpassenden Anpassung bediente. Weil es sich vorzeitig in eine Schachtel sperrte und sich dadurch vom lebendigen Werden abschloß, weil es versteinerte und damit die Fähigkeit verlor, an das Land zu steigen und auch andere von der Natur gebotene Lebensmittel zu benützen, wie die des Wassers.

Die Kieselalgen sind lebende Fossilien. Sie bewahren getreulich das Abbild der Urwelt. Das ist das lehrreichste an ihnen. Für das Verständnis der höheren Pflanzenform aber haben sie uns kaum etwas zu bieten.

Ich habe nach dieser allgemeinen Lehre nur noch das Bild ihrer Vielartigkeit zu entrollen, um einen Begriff zu geben, wie reich die Gestaltungskräfte des Plasmas sogar in diesem „Schmollwinkel" geblieben sind.

Die artenreichsten der beiläufig 170 Gattungen sind:

Navicula	mit etwa	1000	Arten,
Triceratium	„	„	500	„
Coscinodiscus	„	„	350	„
Amphora	„	„	230	„
Surirella	„	„	200	„
Nitzschia	„	„	200	„
Auliscus	„	„	140	„
Biddulphia	„	„	130	„
Melosira	„	„	125	„
Aulacodiscus	„	„	120	„

Über 100 Arten haben noch immer Pleurosigma, Actinoptychus, Fragilaria, Synedra, Cocconeis, Campylodiscus. Die übrigen Gattungen sind weniger artenreich, manche häufige, so z. B. Isthmia (8 Arten), Arachnoidiscus (8), Planktoniella (1), Bacteriastrum (5), Attheya (3), Meridion (3), Diatoma (7), Rhoicosphenia (5) sind auffällig wenig abänderungsfähig. Insgesamt mögen schätzungsweise etwa 4000 Arten** beschrieben worden sein; manche mikroskopische Institute bieten sich an, daß sie 2000 Arten präpariert liefern können, was der Präparator Möller übrigens einmal auf einem einzigen Präparat leistete.

Es ist also keine geringe Kunst, eine solche vielköpfige Menge systematisch zu ordnen, und wir werden solchen Versuchen unsere Hochachtung nicht versagen können, auch wenn

* Solche fossile und jetzt lebende Gattungen sind z. B.: Nitzschia, Cymbella, Gomphonema, Amphora, Cocconeis, Pleurosigma, Fragilaria, Grammatophora, Auliscus, Biddulphia, Triceratium, Aulacodiscus u. a.

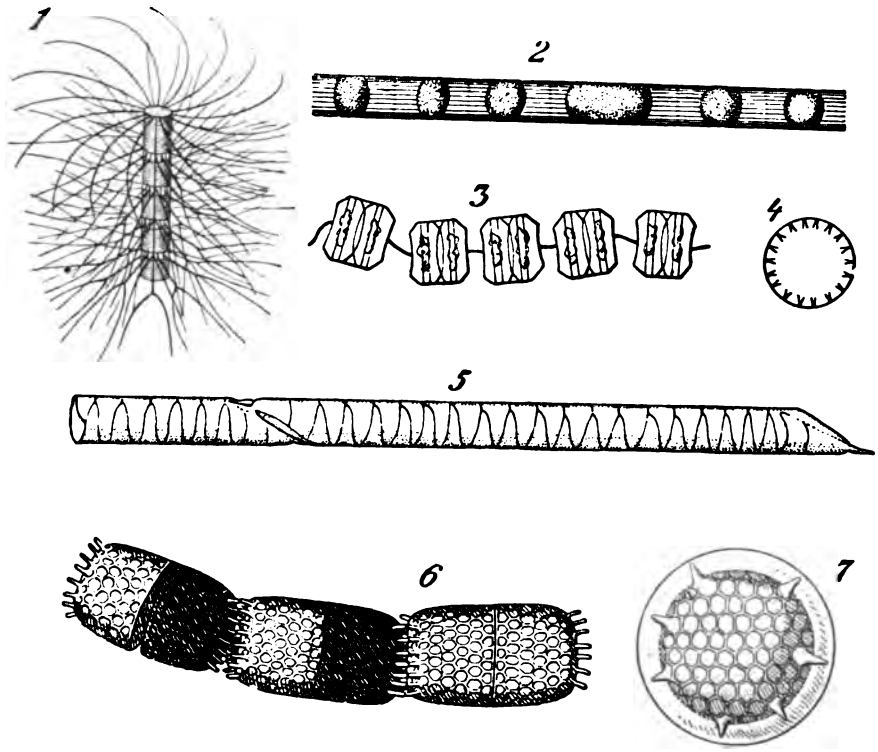
** Gewöhnlich findet man in den Lehrbüchern nur 2000 Arten angegeben.

sie sich als unzulänglich erwiesen haben. In älterer Zeit begnügte man sich, eine Einteilung nach den Baueigentümlichkeiten der toten Schale vorzunehmen. Solcherart ist das System des Engländers Smith, das in den Kreisen der Liebhaber noch immer viele Freunde hat. Ebenso wie das von Pritchard oder Grunow. Unter Gelehrten ist es durch Pfitzers System verdrängt worden, da es sich herausgestellt hat, daß der Schalenbau derselben Geschlechterreihe je nach den Lebensumständen erheblich abändern kann. Aber man kam dabei nur vom Regen in die Traufe. Denn auch Pfitzers Einteilung, die sich auf Form und Anordnung der Farbstoffplättchen gründet, leidet an dem gleichen Übelstand. Die Kieselzelle ist ein eigenmächtig Ding, das sich nicht dem Schema fügen will. Gegenwärtig hat das System von Schütt die angesehensten Lehrbücher auf seine Seite gezogen, womit das Pendel wieder rückläufig geworden ist, da diese Einteilung denn auch nur mit der Schalenstruktur hantiert und nur da und dort auch den Bau der lebendigen Zelle zur Unterscheidung heranzieht. Von einem natürlichen System ist sie auch noch meilenweit entfernt. Doch verschlägt das nicht viel angesichts der Bedürfnisse lebendigen Wissens, die nach einer praktischen Einteilung verlangen und nach der Möglichkeit, die Formen leicht zu bestimmen, was heute, wenigstens bezüglich der Gattungen, auch schon gewährleistet ist.

So weit wird also der Naturfreund und der „Nichtdiatomist" unter den Botanikern stets kommen, daß er Nitzschia und Navicula, Synedra und Fragilaria, Cymbella und Amphora voneinander zu unterscheiden lernt. Und mehr als die Gattungen und in jeder, einige der wichtigsten Formengruppen braucht er auch nicht zu kennen, wenn er die Kenntnisse über das Leben dieser Kleinwesen nachprüfen oder erweitern will. Was nützen ihm die Haarspaltereien der Arten- und Varietätenbeschreibungen, die Wichtigtuerei des Spezialisten, der in floristischen Aufzählungen aus einem Gewässer 40—60 Naviculaarten und Unterarten „enumeriert", der in der Gattung Navicula 22 Teilsektionen unterscheidet und sie in die Untergattungen Eu-Navicula, Stauroneïs, Pleurostauron, Colletonema, Schizonema, Dictyoneis, Dickieia, Trachyneis, Mastoneis spaltet, der innerhalb der Arten, bei Navicula cryptocephala sorgsam die varietas lanceolata und var. intermedia von der forma typica unterscheidet und seinen Rivalen „grober Fehler" und der Unwissenschaftlichkeit zeiht, wenn ihm der Nachweis gelingt, daß jener Navicula placentula nicht von N. mutica zu unterscheiden wußte, oder gar eine Menge „wohlunterschiedener" Formen als Navicula radiosa zusammenwarf, und was derlei haarsträubende und die menschliche Kultur und die Wissenschaft höchst schädigende Verbrechen mehr sind? Ihre gewissenhafte Erörterung füllte zwar einst die Folianten unserer Lebenswissenschaft, auch das Leben und den geistigen Horizont so manches von seiner Umwelt hochachtend ob seiner fabelhaften Gelehrsamkeit angestaunten Kopfes völlig aus, aber es ist wohl schon an der Zeit, daß man reinlich zu unterscheiden lerne zwischen wirklicher Wissenschaft und solch geisttötendem Zeitvertreib, der mit den Kunststücken jener auf die gleiche Stufe zu stellen ist, die auf eine Papierrolle, welche in einer Nußschale Platz hat, die ganze Bibel niederschreiben. . . .

Indem ich meine Hochachtung vor solcher Geduld und Genügsamkeit in geistigen Genüssen hiermit bezeuge, nehme ich mir die Freiheit, diesen ganzen abgeschmackten Kram mit einer energischen Handbewegung beiseite zu schieben und mich auf eine kurze

Darstellung des Wenigen zu beschränken, was man von der Formenkunde der Kieselalgen wirklich braucht, um die erörterungswürdigen Gedanken moderner Naturkenntnis selbständig beurteilen zu können. Das muß denn doch der Endzweck jeder wissenschaftlichen Spezialtätigkeit sein, daß sie besser befähige, die allgemein ausgesprochenen Naturgesetze am einzelnen nachzuprüfen, um damit zugleich wieder zu neuen Erkenntnissen, die für den ganzen Naturbegriff von Wert sind, zu leiten. Und deshalb bitte ich diejenigen, in denen sich die Über-



Die wichtigsten Kieselalgen der Hochsee (vergl. dazu als Ergänzung Bd. I, S. 458 [Tafel]).
1 = Bacteriastrum radians Laud., 200fach vergr. 2 = Sceletonema costatum (Grev.) Grun. Zellenkette, 800fach vergrößert. 3—4 Thalassosira Nordenskiöldii Cleve. 3 = Kette. 4 = Schalenansicht einer Zelle. 5 = Rhizosolenia styliformis Brightw., Stück einer Kette. 6 = Stephanopyxis turris (Grev.) Ralfs, Zellenkette. 7 = Schalenansicht von St. superba (Grev.) Grun.
(Nach Schütt, Cleve und Gregory.)

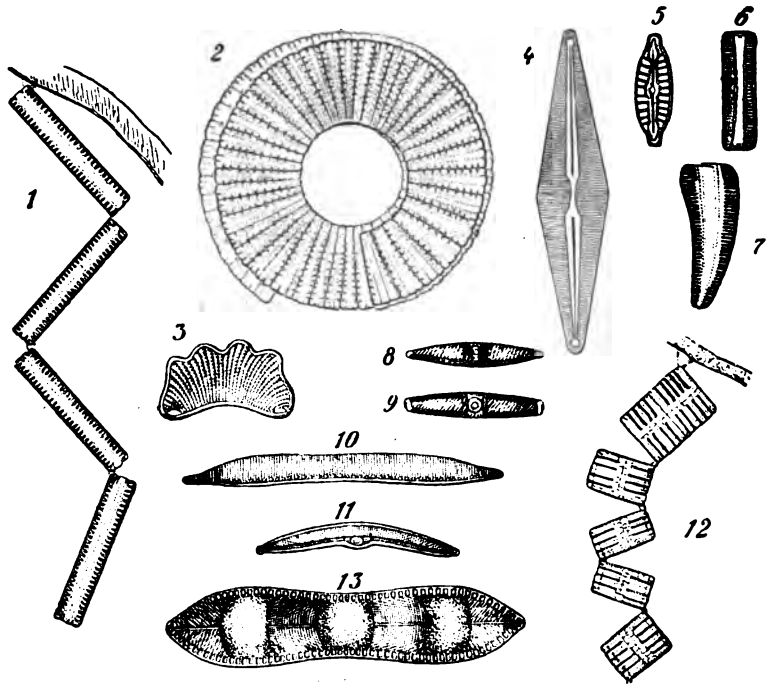
zeugung festsetzte, daß es uns von Herzen um Hebung der Denkfähigkeit und naturwissenschaftlichen Bildung der Menschen zu tun sein muß, auch meinem Rate zu folgen und — wenn sie schon eine Vorliebe für die Beschäftigung mit einer gewissen Gruppe von Lebewesen haben — sich nie in die Gestrüppe bloß beschreibender Formenkunde zu verlieren. Ihr Ziel muß vielmehr sein, nach erlangter Umschau und Kenntnis der wichtigsten und häufigsten Formen vorwärts zu schreiten und stets danach zu streben, die großen Lebensgesetze im kleinen und besonderen wiederzufinden und statt Spezieswissen lieber eigene Anschauung zu erwerben, wie denn ihre Lieblinge leben, wie sie sich nähren, fortpflanzen, sich ihren Bedürfnissen gegenüber verhalten, wie sie sich schützen, die sie

treffenden Reize verwerten und welchen Sinn und Bedeutung ihr Leben im Reigen des Erdenlebens hat!

Mit ermüdender Hartnäckigkeit durchflechte ich diesen Abriß der Kieselalgenkunde immer wieder mit solchen Mahnungen — ich bin mir dieser Einseitigkeit wohl bewußt. Wer aber das wissenschaftliche Treiben unserer Tage kennt und daher weiß, daß unendlich viel Fleiß, Talent und Geld auf die unersprießlichste Weise zur Erwerbung und Förderung von Kenntnissen verwandt werden, die nur ganz geringfügigen Nutzen bringen, während es im ganzen weiten Kreise der Naturwissenschaft an urteilsfähigen Köpfen von umfassender Bildung fehlt, die den Mut und die Fähigkeit haben, die überall beklagten und grell zutage tretenden Irrtümer in den wichtigsten Fragen zu beseitigen und unsere Lebenswissenschaft, die ernstlich zu versumpfen droht, mit kräftiger Hand in Fluß zu bringen; wenn man es einmal durchschaut hat, daß die systematischen Spitzfindigkeiten und Haarspaltereien ein trefflich geeignetes Mittel sind, um die Wanderer, die nach Erkenntnis streben, aufzuhalten und auf Irrwege zu drängen — dann wird man mir vielleicht Dank wissen für diesen starren Hinweis auf das, was uns nottut und wird in Anbetracht des guten Zweckes das Wiederkäuen derselben Gedanken verzeihen. . . .

Es wurde bereits erwähnt, daß man die „zentrisch" gebauten Stückelalgen als Centricae zu besonderer Gruppe einigt. In diese Gruppe, welche vorzugsweise marine Wesen umfaßt, teilt man einige der schönsten und bedeutsamsten Kieselalgen ein. Ich meine hierbei die Scheibenalge (Coscinodiscus) und Triceratium und ihre Verwandten, die zu Milliarden den Auftrieb der Weltmeere beleben. Wenn man aus dem Atlantischen Ozean Plankton schöpft, kann man mit Sicherheit darauf rechnen, mit den Gattungen Rhizosolenia, Chaetoceras, Biddulphia (Bild s. S. 170), Bacteriastrum, Triceratium (Bild S. 170), Coscinodiscus, Auliscus, Arachnoidiscus (Bild siehe S. 170) bekannt zu werden, von denen besonders die Spinnwebenscheibe (Arachnoidiscus ornatus Ehr.), Biddulphia pulchella Gray, Triceratium favus durch die käuflichen Kieselalgenpräparate jedem Liebhaber wohlvertraute Gegenstände sind. (Ein solches Präparat stellt unser Bild auf S. 187 vor.) Im Nordatlantik sind Bacteriastrum varians Laud., Chaetoceras boreale Bail., Thalassosira Nordenskiöldii Cleve besonders hervorstechende Lebensformen, in der Ostsee bevölkern Hemiaulus-Arten, im Hochsommer namentlich Rhizosolenia alata Brightw. und Sceletonema costatum Grev. in solchen Massen die oberen Wasserschichten, daß man schon lange den Vergleich zwischen der Nahrungsmenge einer üppigen Wiese und dieser Algentriften gezogen hat, der aber zugunsten der Wasserpflanzen ausfällt. Es ist keine Übertreibung zu sagen, daß die Riesenmengen von Kabeljaus, Schellfischen, Seekarpfen und anderen Fischen, die in diesen Jahren der Fleischteuerung ein immer wichtigeres Volksnahrungsmittel darstellen, in letzter Hinsicht alle auf die Kieselalgenweide angewiesen sind, der solchermaßen eine nicht geringe volkswirtschaftliche Bedeutung zukommt. Wem Zahlen vielsagend sind, der vergleiche dazu als Illustration folgendes: Mittels der Hensenschen Planktonzählmethode hat man gemessen, daß ein m^2 Meeresoberfläche im Herbst im warmen Atlantik 208000 Millionen Kieselzellen enthält, sogar im kalten Golfstrom noch 18 Millionen — womit zugleich angedeutet ist, wie sehr auch diese Pflänzchen Wärme lieben.

Dem Biologen wiſſen übrigens gerade dieſe Planktonten beſonders viel zu ſagen durch die wunderſamen Anpaſſungen an ihre ſchwimmende Lebensweiſe. Nach dem, was man von den Hochſeegeißelzellen wußte, war es von vornherein zu erwarten, daß auch die Stückelalgen nicht des naheliegenden Mittels der Ausleger werden entraten können. Und ſolche weiſen denn auch Chaetoceras, Gossleriella, Planktoniella, Rhizosolenia in großartigſter Entwicklung auf. Reichliche Ölentwicklung, Verdünnung der Zellwände, Umgeſtaltung der Körperform (Antelminella, Plank-



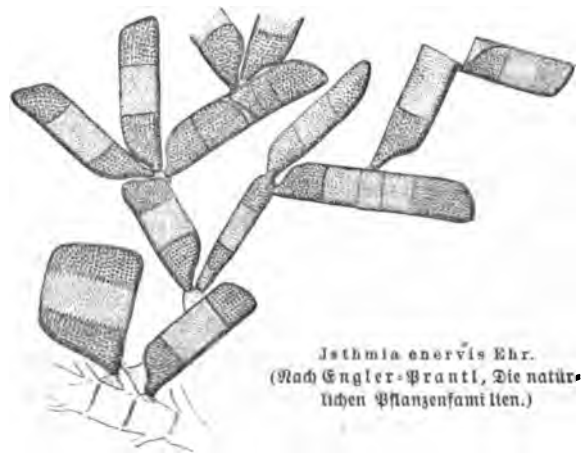
Schalen von häufigen Kieſelalgen des Süßwaſſers.

1 = Diatoma vulgaris Bory. 2 = Meridion circulare (Grev.) Ag. 3 = Eunotia tetraodon Ehrb. 4 = Vanheurckia Boeckii (Grun.). 5—6 = Mastogloia Smithii Thwait. 5 = Schalen. 6 = Gürtelbandſeite. 7 = Rhoicosphenia curvata (Kg.) Grun. (Nach Van Heurck.) 8—10 = Nitzschia-Arten. 8—9 = Palea (Kg.) W. Sm., Schalen und Gürtelbandanſicht. (Nach Pfitzer.) 10 = N. amphioxys (Ehrb.) W. Sm. (Nach Van Heurck.) 11 = Ceratoneis arcus (Ehrb.) Kg. 12 = Tabellaria flocculosa (Roth) Kg. 13 = Cymatopleura Solea (Bréb.) W. Sm. (Nach Van Heurck.)
(Wenn keine andere Angabe, nach W. Smiths Kieſelalgenwerk.)

toniella, Cyclotella, Stephanodiscus) zur nur langſam abſinkenden Scheibe oder zu Stäben (Asterionella, Synedra, Fragilaria, Rhizosolenia, Pyxilla), Vereinigung zu Bändern, Fäden und Kolonien (Asterionella, Fragilaria, Cyclotella comta, Chaetoceras, vergl. dazu die Tafel zu S. 458 in Bd. I) ſind die anderen Mittel, durch welche ſich der Kieſelalgenſchwebeflor des Meeres und der Binnengewäſſer unmittelbar an die Beſonderheiten ſeiner Lebensweiſe angepaßt hat.

Im Süßwaſſer hat die Gruppe der Centricae namentlich zwei Vertreter, die durch eigentümliches Weſen zur Beachtung herausfordern. Das ſind die Gattungen Melosira und Cyclotella.

Die Kettenalgen (Melosira) [Bild ſ. die Tafel der Kieſelalgen, Fig. 12—13) erfüllen in langen Fäden namentlich im Lenz langſam fließende Bäche und Weiher mit goldbraunen Flocken. Sie beſtätigen mit ſolcher Maſſenhaftigkeit die Erfahrungen Ehrenbergs, wonach das große Lager von Polierſchiefer bei Bilin in Böhmen* in jedem Kubikzentimeter Billionen von leeren Schalen der Melosira distans Kg. enthält, ja, dort ſind ſtellenweiſe ſogar aus Meloſiren Halbopale zuſammengebacken. Und da nun neuerdings ein angeſehener Fachmann der Kieſelalgenkunde (Otto Müller) entdeckt hat, daß ſich in der Vermehrungsart dieſes Weſens** eine Unregelmäßigkeit kundgibt, die er als ſprunghafte Artänderung (Mutation) deutet, ſo gewinnt das kleine Pflänzchen für den Naturphiloſophen eine ganz hervorragende Bedeutung, da es ihm Hoffnung macht, den noch ſo ganz unerklärten Urſachen der Mutation hier etwas mehr Verſtändnis abgewinnen zu können.



Isthmia enervis Ehr.
(Nach Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien.)

Cyclotella compta (oder comta) [Ehr.] Kg. und C. Kützingiana Thw. ſind winzige Trommelchen, die einzeln oder (namentlich die erſtere) zu Gruppen vereinigt in Teichen und Seen an der Oberfläche ſchweben, manchmal (ſo im Bodenſee***) ſogar zu Milliarden. Aber nicht dieſe im Kreiſe der einfachen Pflanzen nun ſchon gerade ſprichwörtlich werdende Fruchtbarkeit iſt das Merkenswerte, ſondern der Drang nach Vereinigung zur Erhöhung der Schwebefähigkeit, dem die Trommelalgen durch ausgeſpannte Gallertbrücken zwiſchen den Zellen Genüge tun (vergl. die Tafel in Bd. I zu S. 458). Das iſt eine Tatſache, angeſichts derer wir verlegen ſchweigen — denn mit den bisherigen Vorſtellungen von den Kräften der Pflanzenzelle läßt ſie ſich nicht erklären. Und bevor man nicht unterſucht, auf welche Weiſe die einzeln lebende Zelle gelegentlich ihrer Vermehrung tätig iſt an der Herſtellung der Kolonien, iſt das Spekulieren unfruchtbar. Diatomeenliebhaber, die ihr mir des öfteren ſchon geſchrieben habt um Rat, wie ihr euch wiſſenſchaftlich nützlich machen könnt, ſchreibt euch dies ins Notizbuch!

---

* Auch das von Planitz bei Zwickau (Sachſen).

** Für Mathematiker ſei übrigens bemerkt, daß die Teilungsfolge von M. arenaria die bekannte Kaninchenaufgabe des Fibonacci verwirklicht, weshalb die Fadenlängen die Näherungsverhältniſſe des goldenen Schnittes zeigen.

*** Nach den Unterſuchungen von Kirchner in Geſellſchaft von C. bodanica Eul., Fragilaria crotonensis Kitt., Fr. virescens R., Melosiren, Asterionella formosa Hass., Synedra delicatissima Grun. und Stephanodiscus astraea Grun., welche Arten faſt die ganze Kieſelalgenflora des Süßwaſſerplanktons umfaſſen.

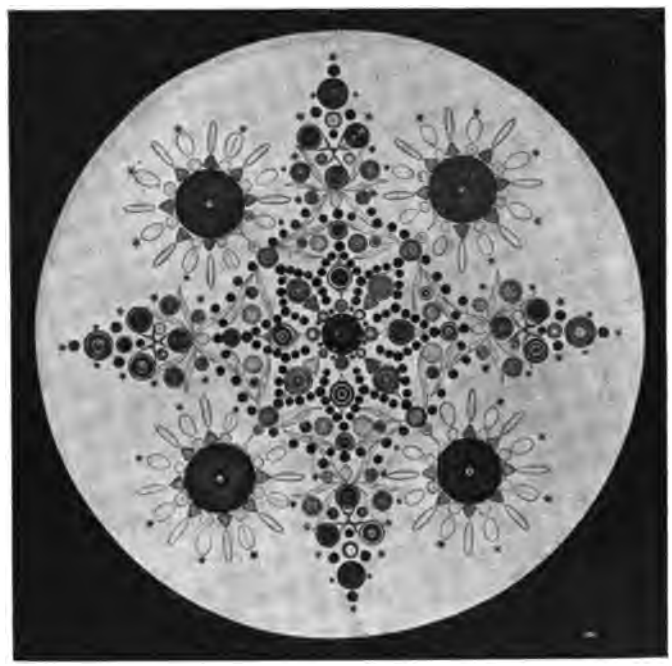
Von einer beſonders ſchönen Meereskieſelalge ſoll auch einiges hier zu finden ſein, da ſie dem an den deutſchen Küſten oder am Mittelmeer botaniſierenden Naturfreund mit Gewißheit aufſtoßen wird. Das iſt Jsthmia enervis Ehr. Eine große, prächtige Kieſelalge, die aber nicht ſchwimmt, ſondern, in kleinen Bäumchen aufeinanderhockend, ſich an Meerestange anheftet. Die feinen Rippen und Felderchen, die ihre Schalen zieren, machen ſie zu einem Juwel der Zellenbaukunſt.

Die meiſten der heimatlichen Diatomeen gehören der Gruppe der fiederig gebauten Kieſelalgen (Pennatae) an, deren Weſen dadurch gekennzeichnet iſt, daß ihr Schalenbau nicht auf einen Punkt als Zentrum, ſondern auf eine Linie Bezug hat. Soweit man bei dieſen Weſen Vermutungen über ihre Stammesentwicklung äußern darf, ſind die auf S. 184 abgebildeten Tafelalgen- (Tabellaria-) Arten, die ſich in Teichen und Bächen überall finden, wohl die einfachſten Formen, von denen die Kette der Entwicklung etwa über die Gattungen Grammatophora (nur marin!), Meridion, Diatoma, Fragilaria, Synedra, Eunotia, Achnanthes, Cocconeis, Navicula, Vanheurckia, Pleurosigma, Mastogloia, Gomphonema, Cymbella, Amphora, Epithemia, Bacillaria, Nitzschia, Cymatopleura, Campylodiscus zu Surirella, als der höchſtentwickelten Kieſelalge, in Bau und Fortpflanzung leitet.

Dieſe nicht eben anmutende Namenreihe umfaßt zugleich die 22 wichtigſten Gattungen der Süßwaſſerbazillariaceen (der Leſer findet ſie in dieſem Kapitel auch ſämtlich abgebildet), mit denen ſich derjenige vorzugsweiſe bekannt machen muß, der ſich von der Schönheit der Formen in der Kleinwelt angezogen fühlt. Von ihnen gehören Fragilaria, das man zu deutſch Brechband genannt hat, ferner das Zirkelſtäbchen (Meridion), einige feine nadelförmige „Nadelalgen“ (Synedren) im Verein mit den reizenden, überaus zarten Strahlenſternchen (Asterionella) dem Süßwaſſerplankton an. Die Schnittalgen (Diatoma), Prachtſchiffchen (Eunotia), die Tonnenſchiffchen (Amphora), Surirellen, Stabalgen (Bacillaria), Schiffchenalgen (Navicula), die S-Algen (Pleurosigma), Nitzſchien und Cymatopleura treiben ſich im Bodenſchlamm und zwiſchen dem Algengewirr ſtehender Gewäſſer frei umher, während das Zymbelchen (Cymbella), ein Teil der Ellenſtäbchen (Synedra) und Fahnenſtäbchen (Achnanthes), die Stielalge (Gomphonema), die Algenlaus (Cocconeis) und Epithemia an Waſſerpflanzen entweder mittels Stielen haften oder ſich flach an ſie anlegen, ſo wie Schildläuſe an Obſt, ohne daß ſie jedoch mehr Nutzen davon hätten als den Schutz.

Ich habe mit dieſen paar Dutzend deutſcher Namen, die teils den Werken Ehrenbergs und der älteren Algenkundigen entnommen, teils freigebildet ſind, den Verſuch gemacht, dem Naturfreund das Behalten der Namen und damit das Sichzurechtfinden im Getriebe zu erleichtern. Es trieb mich dazu die Einſicht, daß gerade ein Gegenſtand, der ſo wie die Naturgeſchichte der Stückelalgen ſchon wahrhaft volkstümlich geworden iſt, auch ein Anrecht darauf hat, neben den internationalen Bezeichnungen, deren gewiſſe Berechtigung nicht geleugnet werden kann, auch gemeinverſtändliche Ausdrücke anzuwenden. Denn ich habe immer wieder gefunden, daß jenes ſchreckliche griechiſch-römiſche Kauderwelſch, in das wir nachgerade geraten ſind — und das übrigens dem Philologen ob ſeines Küchenlateins und der ſo oft vorkommenden haarſträubenden Vereinigung

von Griechisch und Latein in einem Worte ebenso ein Greuel ist, wie dem Volksbildungsfreunde — eines der wirksamsten Mittel ist, um das Bildungsstreben von der Lebenswissenschaft abzuschrecken. Wie soll sich der Naturfreund diese hunderterlei Namen merken, wenn er keinen Sinn an sie knüpfen kann, sie also papageienhaft einbläuen muß? Wenn man ihm daher einredet, nur die in der Priestersprache einherstelzende Gelehrsamkeit sei „echtes und gediegenes Wissen", so verzweifelt er von vornherein daran und bleibt an den Pforten stehen. Wer aber ihm das einredet, betrügt sich und ihn. Denn die Begriffe und nicht die Worte sind die Bausteine echter Wissenschaft! Und wenn ich statt Physiologie Lebenslehre, statt Raphe Spalt sagen kann, statt Auxospore Verjüngungskörper, statt Chromatophor Farbstoffträger, wenn ich an Stelle der unaussprechlichen Bazillariaceen, Asterionellen, Coscinodiscus und Arachnoidiscus sinnvolle deutsche Namen setzen kann, die eindeutig, aber gemeinverständlich dasselbe bezeichnen, so würde ich meiner, nach Verallgemeinerung des Wissens drängenden Zeit und meinen, sich bei mir des Rates erholenden Freunden wahrlich schlecht dienen, wenn ich ihnen die schwierige Fachsprache der Wissenschaft nicht so viel erleichtern würde, als in meinen Kräften steht. Es läßt sich ja ohnedies nicht alles sofort verdeutschen, und wenn (um im Kreise zu bleiben) nach dem Algenforscher Nitzsch, der die Kieselalgenkunde eigentlich begründete, eine Gattung Nitzschia, eine andere nach Van Heurck Vanheurckia genannt wird (was übrigens für den Latinisten barbarisch ist!), so werden wir uns eben an solche Ausnahme gewöhnen, statt lächerlich-gewaltsame Neubildungen um jeden Preis zu verüben. Man hat ohnehin in geistloser Weise daraufhin gehörig gesündigt und namentlich in älteren Lehrbüchern die lateinischen Namen einfach ins Deutsche umgewendet, wobei dann z. B. in der Algenkunde Namen wie Röhrenkähnchen, Spindelfrusteln, Tüpfelfelle, Schleimzasern, Zitzenfrüchte, Bauchäste, Nacktrinden und derlei Geschmacklosigkeiten mehr zutage gefördert wurden. Unvoreingenommene Verständigkeit wird also des Prinzipes halber



Sogenannte „Pleurosigma-Rosette".
Kunstpräparat von E. Thum-Leipzig. (Enthält vorzugsweise Koszinodiscen, Triceratien und Pleurosigma-Schalen.
[Original-Mikrophotographie von E. Thum-Leipzig.])

nichts übertreiben, sondern sich nur von Geschmack und wirklichem Bedürfnis leiten lassen, das übrige dagegen der Hoffnung anheimgeben, daß in dem Maße, wie Lebenswissen in den Kreis der gemeinen Bildung eindringt, ebenso sicher und unaufhaltsam daraus die überflüssige Fremdspracherei verschwinden muß. Diese wird ja als letzte Zufluchtstätte, der internationalen Verständlichkeit halber, die Gattungs- und Artbezeichnungen noch so lange festhalten müssen, bis eine neue Weltsprache alle Kulturvölker umfaßt.

Von den vielen hervorgehobenen Gattungen hat man über deren etwaige Besonderheiten noch keine Nachricht. Und das ist auch nicht verwunderlich, da es sich im Grunde genommen bei ihnen allen stets um dasselbe Wesen handelt: die einzeln lebende Zelle, die nur ob ihrer gestaltlichen Abänderungen in „Gattungen" zerlegt wird, sonst aber nur die schon ausführlich geschilderten Anpassungstypen an freischwimmende oder sich am Boden der Gewässer abspielende Lebensweise zeigt.

In kulturgeschichtlicher Beziehung verdienen höchstens die S-Algen (Pleurosigmen) Beachtung als Gegenstand der bereits erwähnten besonderen Kunstfertigkeit der Anfertigung von „Typenplatten". Namentlich einige Präparatoren (Möller in Wedel, Thum in Leipzig, Boecker in Wetzlar) haben es darin zu solcher Vollendung gebracht, daß man es nicht glauben würde, wenn man solche Präparate nicht käuflich bekäme. Es sind darauf oft 100—2000 winzige Kieselalgen zierlich zu Rosetten angeordnet (wie auf beistehender Photographie ersichtlich), in Reihen oder sogar in mikrophotographisch hergestellte Rahmen so gelegt, daß man zu seiner Verwunderung im mikroskopischen Bilde gleich die Namen der jeweils vorliegenden Art erfährt. Natürlich muß solches Kunsthandwerk mit Hilfe eines Präpariermikroskopes und mit unendlicher Mühseligkeit betrieben werden und ist in seinen Einzelheiten wohlbehütetes Geschäftsgeheimnis.

Daß sich mit solchen Dingen in unseren Tagen überhaupt Geschäfte machen lassen, daß sie ausgedehnte Betriebe in umfangreichen Katalogen als Handelsartikel anpreisen, wie man z. B. Diatomeenerde von Lüneburg, Franzensbad, Tokay in Ungarn, vom Lago maggiore in der Schweiz, von Caltanisetta in Sizilien, Issoire in Frankreich, Sundby in Dänemark, der Sierra Nevada in Kalifornien oder Yatlahuaca in Mexiko käuflich erhält; daß Offerten versendet werden von Omaru in Neu-Seeland, von eßbarer Erde aus Java; daß man Plankton zu kaufen bekommt aus dem Trammersee in Holstein, von Deutsch-Neu-Guinea und den Merseburger Teichen — das kennzeichnet wohl mehr als viele Statistiken, welch seltsam hoher Kulturzustand sich bereits bei uns in Deutschland (wo diese „gelehrte Industrie" ihren Mittelpunkt findet) ausgebildet hat. Denn wie viele müssen Sinn und Verständnis für solche spezialisierte Genüsse des Auges haben, bevor sich geregelte Handelsbeziehungen mit solchen Gegenständen lohnen! Aber welche Naturliebe und wie viel redlichstes Streben nach Naturbildung setzt wieder diese Kieselalgenliebhaberei voraus! Erwägt man das bei sich, mag man leicht in ein Aufflammen stürmischer Hoffnungen geraten und in eine Aufwallung der Hoffart, weil in unserem Volke derartige Bürgschaften geboten sind, daß wir nicht hinter dem Zeitgeiste zurückbleiben werden, der so gebieterisch nach Naturbildung verlangt. Daß wir trotz allem, was uns die Aussicht verhängt, nicht zu verzagen brauchen am gesunden Fortschreiten unserer Nation, weil wir — vielleicht sogar mehr als in anderen Ländern — Naturfreunde in unserem Volksorganismus haben, welche die Ideale der neuen kommenden Zeit hochhalten und jene glänzende Epoche vorbereiten helfen, an deren Schwelle

wir stehen, da der endlich einmal mündig gewordene Menschengeist nicht nur der Technik, sondern seiner ganzen Entwicklung Richtlinien aus der Naturerkenntnis schöpfen wird. Der arme Tunguse und der notleidende Chinese wußten keinen anderen Gebrauch von Kieselalgen zu machen, als sie in Zeiten der Not zu kauen als „Brotstein" und eßbare Erde, so wie noch heute der Schwede und Finne es aus Liebhaberei tun. Das erste Geschlecht, das unter dem Einfluß einer erstarkenden Naturkenntnis erwuchs, benützte sie auch nicht wesentlich intelligenter, indem es Kieselgur und Diatomeenerden zur Ziegelbereitung* verwandte und nach dem Vorgange Alfred Nobels zur Sicherung der Manipulationen mit Nitroglyzerin, das — mit Kieselgur vermengt — das ungefährlichere Dynamit ergibt. Die großen Kieselgurwerke, die man heute namentlich in der Lüneburger Heide (bei Ülzen, Hützel, Ebsdorf, Celle, Unter-Lüß usw.) aufgetan hat, dienten vornehmlich diesem Industriezwecke, bis sich Anilinfabriken, die Herstellung von Wasserglas, Zement und hydraulischem Mörtel, bis sich Papierfabriken, Pyrotechniker, Kautschukfabriken seiner auch bemächtigten. Die Kieselskelette vorübergelebter Nadelalgen, Surirellen und Kettenalgen putzen uns heute die Maschinen blank, wir haben sie im Köpfchen der schwedischen Streichhölzer täglich zuhanden, mit ihnen füllen wir die Zwischenräume der Fußböden, die Wände der Eisschränke, mit ihnen errichten wir feuerfeste Gebäude; der leichte Stuck, mit dem Talmikunst so gern Eleganz vortäuscht, enthält Kieselalgenmehl; das Messer wird an Schleifsteinen geschärft, die aus ihnen bestehen, im Siegellack und Guttapercha finden wir sie wieder, im Brompulver schlucken wir sie; den Hausschwamm suchen wir mit Mitteln zu vertreiben, in denen ihr glashelles Körperlein der wichtigste Bestandteil ist — mit hundert sinnreichen Anwendungen hat sich der moderne Industriegeist ihrer bemächtigt. Und doch ist dieser ganze große Nutzen nur gering gegenüber dem wahren, den der englische, deutsche und französische Naturfreund aus ihnen zu holen weiß, indem er sich in den Schönheitszauber der Kieselalgen versenkt, in Erholungsstunden sein Gemüt gesund badet in den ästhetischen Genüssen, die sie ihm gewähren, und dadurch sein Herz und seinen Sinn weit öffnet für die erhabenen Gesetze der Natur, die mit ihm wohlverständlicher Geheimschrift eingegraben sind in den gläsernen Panzerchen und abgelesen werden können aus dem leisen Regen, den unscheinbaren Handlungen, aus den Gestalten und Eigenschaften seiner Lieblinge. Die Kunstformen der Natur sind zugleich selbst der erläuternde Dolmetsch der Metaphysik dieser Kunst. Jede Kieselalge ist ein Fünkchen, nur ein Lichtlein des Weltengenius zwar — aber sie ist ein Licht, bei dessen Scheine der Naturforscher die solange verloren gegangene Handschrift wieder liest, von der adeligen Herkunft, dem ungeheuren Vermögen und den unermeßlichen Gewalten, die ihm zu eigen sind, wenn er sie richtig zu verwalten versteht als Erbe einer Geschlechterreihe, deren Urahn, die Zelle, schon mit so viel Gaben schaltet, daß für uns der edelste aller ersonnenen Begriffe: die Gottheit mit der durch uns erkannten Natur in eins zerfließen muß.

Die Stunde, in der dem Naturforschenden dies Mysterium inne wird, öffnet ihm die Augen. Von da ab ist er der Herold jener Menschheiterneuerung und echten Kultur,

* Man machte zuerst (1791) mit dem aus Synedra capitata Ehrb. bestehenden Bergmehl von Santa Fiora in Toskana Versuche, daraus bei 5—10% Tonzusatz Ziegel zu formen. Nach 6stündiger Glühhitze erlangen sie größere Festigkeit als Granit, sind absolut feuerbeständig, nehmen kein Wasser auf, sind aber dabei 4mal leichter als gewöhnliche Ziegel. Also das idealste Baumaterial.

die aus der neuen und doch so uralten Erkenntnisgrundlage mit Notwendigkeit entspringen muß.... Er ist es, nicht weil er so will — sondern weil er es muß, aus dem Gefühle einer überströmenden Dankbarkeit für die beglückende Einheit seines Fühlens und Denkens, für die Erhöhung und Veredlung seines ganzen Wirkens, die sich aus der endlich wiedergefundenen wahren Religion von selbst einstellt.....

Das sind die Ideale, die dem Naturfreunde winken, wenn er redlich denkend sich bemüht, und das ist der tiefste Sinn, den ich der Beschäftigung mit solchen Liebhaberkünsten unterzulegen weiß.

Schriften über Kieselalgen zur Vertiefung in den Gegenstand:

Mit Kieselalgen beschäftigen sich vielfach die Veröffentlichungen der englischen und französisch-belgischen Amateur-Mikroskopikervereinigungen namentlich in den Annales de Micrographie. Bis zum Jahre 1896 erschien auch eine besondere Zeitschrift in Frankreich unter dem Titel: Le diatomiste (P. I. Tempère), Paris.

Die Hauptwerke über den inneren Bau und die Lebensweise sind:

1. E. Pfitzer, Untersuchungen über Bau und Entwicklung der Bazillariaceen (Diatomaceen). [Hansteins Botan. Abhandlungen. I.] Bonn. 1871. 8°. (Mit 6 farbigen, prachtvollen Tafeln.)
2. F. Schütt, Das Pflanzenleben der Hochsee. Kiel. 4°. 1893.
3. R. Lauterborn, Untersuchungen über Bau, Kernteilung und Bewegung der Diatomeen. Leipzig. 8°. 1896.
4. G. Karsten, Die Diatomeen der Kieler Bucht. (Wissenschaftl. Meeresuntersuch.) Kiel. 1899.
5. F. Schütt, Bacillariaceae in Engler-Prantl. Natürliche Pflanzenfamilien. I. Th. 1b. Leipzig. 8°. 1896.

Die Hauptwerke, in denen der Formenreichtum beschrieben und abgebildet ist, sind:

6. F. T. Kützing, Die kieselschaligen Bazillarien oder Diatomeen. Nordhausen. 2. Aufl. 1865. (Mit 30 guten Tafeln.)
7. William Smith, A Synopsis of the British Diatomaecae. 2 Bde. London. 1853—1856. (Mit zahlreichen Abbildungen.)
8. Van Heurck, Traité des Diatomées. Anvers. 8°. 1899. (Enthält viele Bilder und alle Arten des Nordatlantik.)
9. A. Schmidt, Atlas der Diatomaceenkunde. Leipzig. 1874—77.
10. H. v. Schönfeldt, Diatomaceae germaniae. Berlin. 1906. 4°. (19 Tafeln. Behandelt auch das Leben, Präparationsmethoden usw.)
11. L. Dippel, Diatomeen der Rhein-Mainebene. Braunschweig. 1905.
12. Vollständiges Literaturverzeichnis strebt an das Werk von De Toni, Sylloge Algarum. Vol. II Bacillariaceae. Padua. 8°. 1891—1893.

Über vorweltliche Kieselalgen und Diatomeenerden belehrt:

13. G. Chr. Ehrenberg, Mikrogeologie. Leipzig. 1°. 1854—1856.
14. J. v. Pantocsek, Beiträge zur Kenntnis der fossilen Bazillariaceen Ungarns. 8°. 1886—1893.

Die Jochalgen (Konjugaten).

So oft ich den Namen der Jochalgen lese, läßt mich Erinnerung glückliche Tage der Kindheit nacherleben. Und das kommt so:

Wir hatten in unserer ersten Schulbotanik zwei Bilder, die mich unendlich anzogen. Bachwasserfaden stand unter dem einen und Micrasterias Crux Melitensis unter dem anderen. Ein seltsam Wesen war dargestellt: ein wirres Büschel von Haaren und dabei eine gegliederte Röhre, darin sich in schönen Windungen ein zackiges Band schlang. So sollte eines der Haare vergrößert aussehen. Und Micrasterias war abgebildet als prächtiger Ordensstern, mit feinsten Zacken geziert und von bezauberndem Ebenmaß. Ich habe die Bilder viel betrachtet und Sehnsüchte dabei gesponnen und geträumt in den blauen Himmel hinein, von dem ein gar großes Stück in meine Kinderstube blickte, da ich in einem Hause aufgewachsen bin, von dem man weit über die ganze Stadt sehen konnte, bis zu einem fernen Berg, der silberglänzend im Duft lockte und einem dunklen Wald, der in sanftem Bogen am Himmel hinging. An diesen drei Dingen hat mein Kinderherz gehangen wie an lieben Gespielen. Alle Phantasiegluten habe ich darauf gehäuft, und das ganze unbestimmte Regen und Wallen der sich nach ihrem Wirken sehnenden Seele hat sie immer wieder mit sich gerissen und mit ihnen gespielt und an ihnen gedichtet. Auf den Berg wollte ich steigen, in den Wald wollte ich einmal gehen und Micrasterias wollte ich sehen und ein Mikroskop haben. . . .

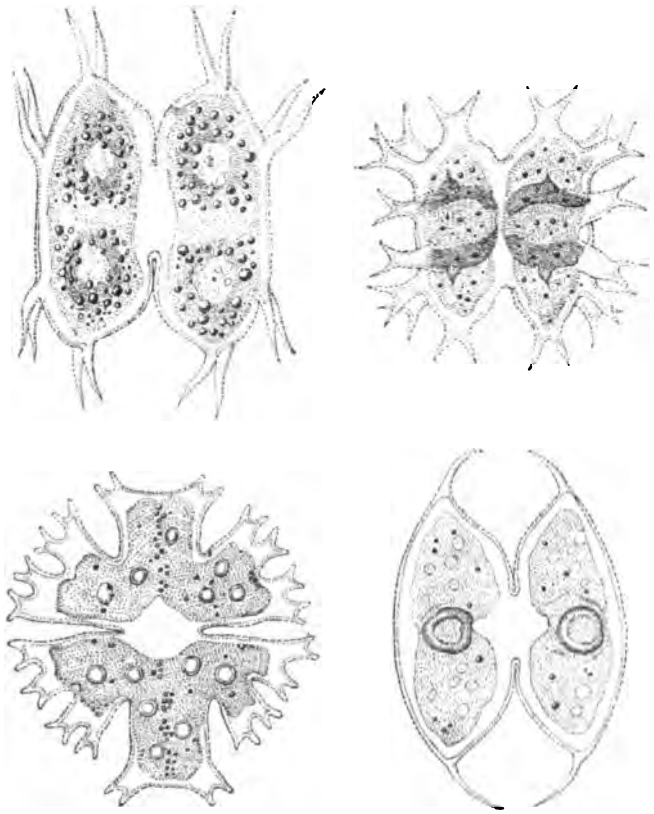
Ich war damals vielleicht elf oder zwölf Jahre alt, als sich meine Wünsche so verdichteten, daß sie mein Leben bestimmten.

Weihnachten hat mir das erste Vergrößerungsglas gebracht. Viele Wochen hatte ich es umlauert, nachdem ich es im Schaufenster eines Brillenhändlers entdeckte. Oh, was war das für ein köstliches Ding! Ich habe es nicht mehr und kann es nur nach der Erinnerung wiederherstellen. Aber die haftet unverlierbar, denn wie prächtig war die von echtem goldigen Messing glänzende Röhre, die oben eine Linse angeschraubt, unten ein Loch zum Durchsehen hatte und in der ein Spalt war zum Durchstecken des Präparates, das man zwischen zwei Glasplatten quetschen mußte. Das war zwar mißlich und hat dem Buben mit seiner vielleicht dutzendfachen Vergrößerung auch bald nicht mehr genügt, da er um diese Zeit anfing, allerlei Bücher zu lesen, in denen er mehr finden konnte über Mikroskope und die mit ihnen erschlossene Welt. Und richtig fand sich bald Nachricht, daß die Großmeister der alten Mikrologie, daß namentlich Leeuwenhoek mit selbstverfertigten Vergrößerungsröhren arbeitete, wozu er sich die Linsen aus Glastropfen selbst goß. Also wurden Mikroskope gebaut und mit Zähigkeit eine Glashütte im kleinen eingerichtet, wo über einer Spirituslampe Glasröhren zu Fäden ausgezogen wurden, die Fäden dann zu Kugeln abgeschmolzen und in Wasser abgetropft. Und mit solchen Glastropfen habe ich manches beobachtet und meine ersten Infusorien gesehen, freilich vielleicht auch den Grund zu meiner Kurzsichtigkeit gelegt.

Das Mikroskopieren hat seitdem nicht aufgehört; von den ersten kindlichen Versuchen ist der Weg bis in die Tiefen der Naturwissenschaft hinabgegangen; das dumpfe Sehnen angesichts jener Bilder in meiner Botanik ist längst der Befriedigung eines vielbeschäftigten Berufes gewichen, der freilich in einem höheren Sinne noch immer mit der Begehrlichkeit des Kindes nach neuen Sternen blickt und sich mit aller Kraft

der Seele müht, der Natur ihr tiefstes Geheimnis, ihre Beseelung, zu entreißen. Noch lange aber war der Leitstern auf der Straße vom Kinde zum Naturforscher jenes wunderschöne Sternchen, das ich trotz allem Mühen erst nach 10jährigem Suchen als lebend Kunstwerk sah. . . . . Und weil es so fast zum Symbol meines Lebensganges wurde, wagte ich unbescheiden zu sein und ihm hier ein Denkmal zu setzen.

Denn — und hier schlägt das Persönliche zum allgemein Wertvollen um — was ich da erzählte, das bin nicht ich, sondern es ist der Mensch in seinem Verhältnis zur Schönheit der Natur, die seine Phantasie entzündet und damit den Willen und den dauernd starken Trieb, ihr kühn und tief ins Auge zu sehen. Und ich bin sicher, weil Micrasterias und seine Gefährten: alle diese Zierdinge zu dem Schönsten gehören, was wirkende Natur hervorgebracht, wird sich dieser Entwicklungsgang immer wiederholen. Sie werden der Naturforschung immer von neuem treue Arbeiter werben, so wie ich durch sie endgültig bestimmt wurde, mein Leben in den Dienst natürlicher Erkenntnis zu stellen.

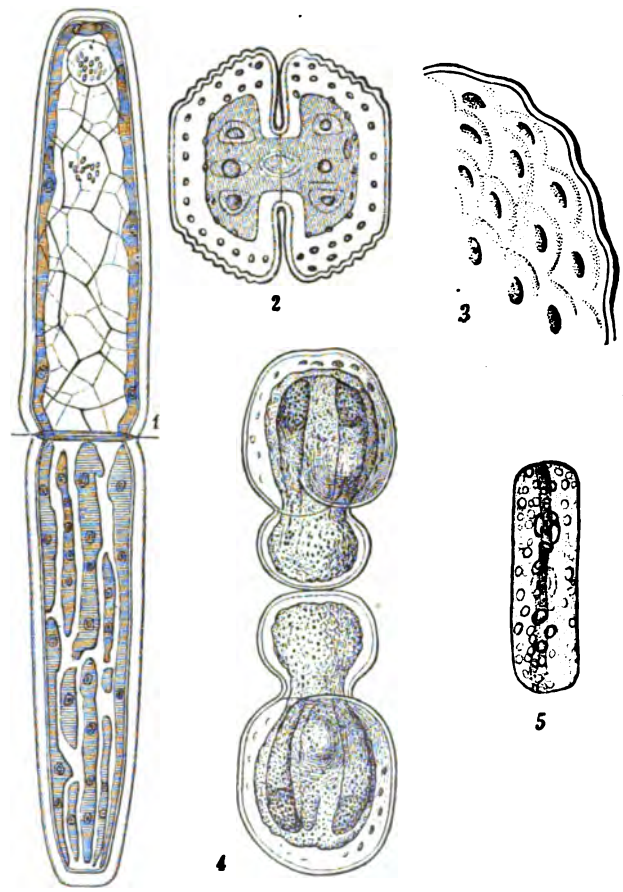


Zieralgen (Desmidiaceen).
Obere Reihe links Holacanthum fasciculatum (Ehrb.), links Schizacanthum armatum Lund. Untere Reihe links Micrasterias Crux Melitensis, rechts Arthrodesmus convergens. (Original des Verf.)

Ich brauche keinen Beweisgang anzutreten, denn mit mir denken viele Tausende. Sie hätten sonst nicht die Jochalgen zum Gegenstand ihres Lieblingsstudiums gemacht! Das haben die vielen mikrologischen Klubs und Gesellschaften in England und Amerika getan, denen es zu danken ist, wenn heute durch Ralfs, die Brüder West, durch Fr. Wolle und Archer, Bennet und Blackmann, die Kenntnis der Desmidien zu einer besonderen und reizvollen Wissenschaft geworden ist. Aber auch wir Deutsche haben dabei wacker mitgebaut, und wenn die Angelsachsen uns die Welt der Formen auftaten und den blendenden Reichtum einer seltenen Schöngestaltigkeit vor uns ausschütteten, so haben deutsche Forscher, ein Nägeli, De Bary, Ehrenberg, Alexander Braun, P. Hauptfleisch und S. Lütkemüller, Georg Klebs und H. Klebahn, A. Fischer und B. Schröder mit Eifer in die Tiefe getrachtet und mit deutscher

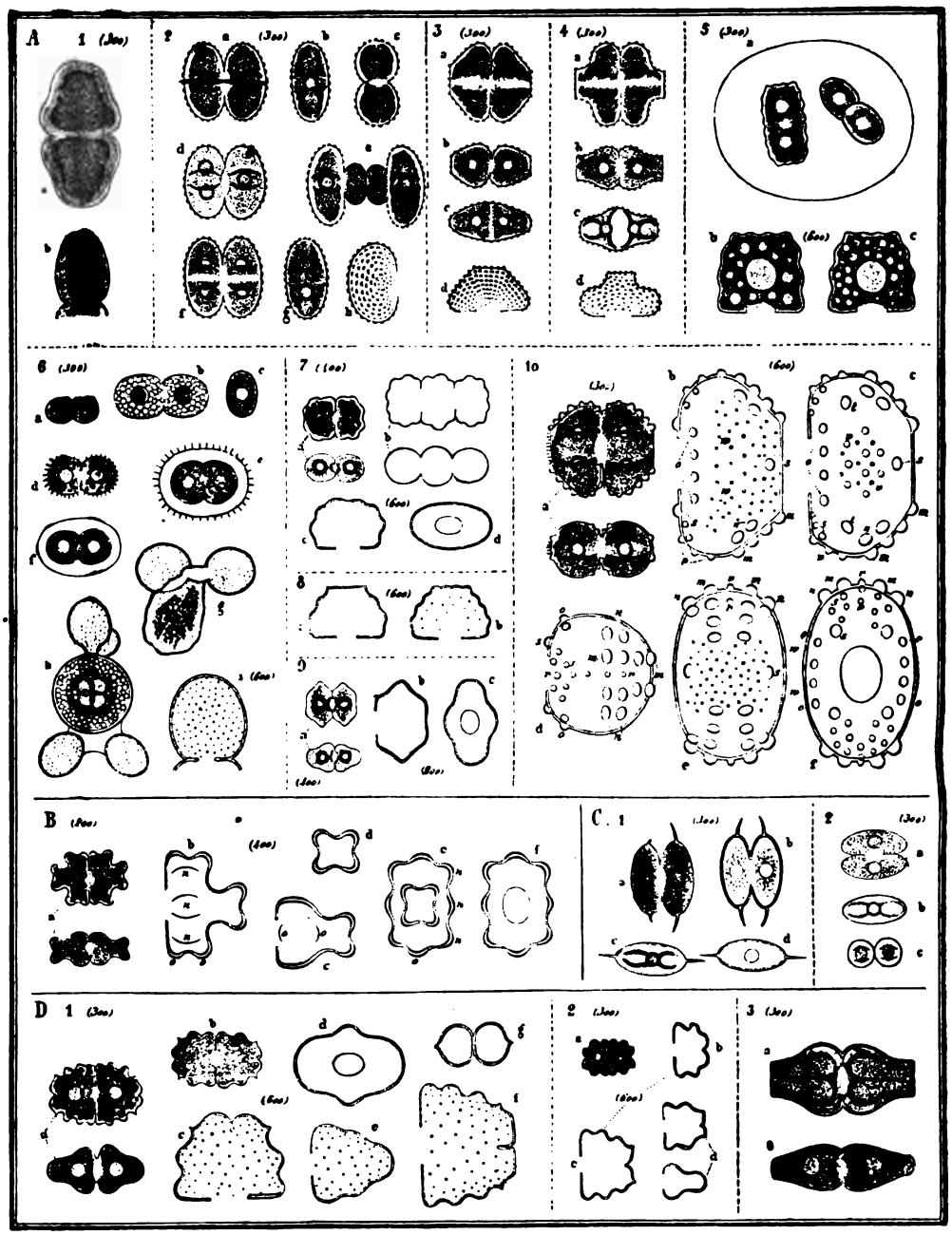
Gründlichkeit dem inneren Leben dieser Schönen nachgespürt. Auch nordischer Geist hat sich daran versucht, und O. Borge, Nordstedt, Lundell, N. Wille und Veit Brecher Wittrock haben viele Bausteine zugetragen zu dem Mosaikbild, das ich, auf das Studium der Werke dieser Männer gestützt, wo mein eigenes Forschen nicht zureichte, von der Welt der Desmidien entworfen habe und hiermit vorlege.

Bevor ich darauf eingehe, fühle ich die Notwendigkeit, eine Bemerkung vorauszuschicken. Unter Deutschen ist die Freude an der Zierlichkeit dieser Wesen noch nicht weit verbreitet — im Verhältnis zu England und Amerika sogar ganz geringfügig, trotzdem wir in jeder Gegend unserer Heimat reichlich in Mooren die herrlichste Desmidienvegetation finden können. Ich muß mir also sagen, daß die Mehrzahl meiner Leser für den Gegenstand erst zu gewinnen ist. Und auch die Wissenschaftler darunter sind mit Desmidien sicher sehr wenig vertraut, denn diese Pflänzchen sind in den letzten Jahrzehnten etwas liegen und abseits geblieben von den Fragestellungen, wie sie Wissenschaft gegenwärtig liebt. Damit ist meine „Darstellungstechnik" von vornherein festgelegt. Hier gilt es, die wichtigsten Formen vorzustellen, ihre Zierlichkeit gleichsam lockend zur Schau zu stellen, um die Lust zu erwecken, sie aufzusuchen und dann mikroskopierend dem zu folgen, was über ihren Bau und ihr Leben gesagt wird.



Wichtige Formen der Zieralgen.
1 = Pleurotaenium Trabecula (Ehr.) Näg. 2—4 = Cosmarium Botrytis Men. 3 = Stück der Zellwand, stärker vergr. 4 = Teilungsstadium. 5 = Mesotaenium Braunii Kg. (Originale des Verfassers.)

Ich bitte meine Leser überhaupt, folgende Methode zu befolgen: Nachdem sie eines der Kapitel, in die sich das vor ihnen liegende Werk gliedert, durchgelesen, mögen sie die Mühe nicht scheuen, sich Material zu beschaffen und dann den Abschnitt nochmals vorzunehmen, alles durch eigene Anschauung nachprüfend, in Zeichnungen und Präparaten festhaltend, soweit es irgendwie möglich ist. In dieser Arbeitsart, am Mikroskop tisch, ist auch dieses Buch verfaßt. Während ich es schreibe, stehen vor mir Kulturen aus dem Dachauer Moor, aus Torfgräben in den bayrischen Voralpen, Teller mit



A. Euastrum, b) Cosmarium. Fig. 1 E. integerrimum Ehrenb. (300). a Zelle im breiten, b im schmalen Längenprofil. Fig. 2 E. margaritiferum Ehrenb. (300). a, d, e, f Zellen im breiten Längenprofil; c im schmalen Längenprofil; b, g im Querprofil, h Hälfte einer inhaltslosen Zelle. Fig. 3 E. Botrytis Ehrenb. (300). a Zelle im breiten Längenprofil, b im schmalen Längenprofil, c im Querprofil, d Hälfte einer inhaltslosen Zelle. Fig. 4 E. protractum (300). a Zelle im breiten Längenprofil, b im schmalen Längenprofil, c im Querprofil, d Hälfte einer inhaltslosen Zelle. Fig. 5 E. tetragonum. a (300) zwei Zellen, von denen die eine im breiten, die andere im schmalen Längenprofil sichtbar ist, in einer Gallerthülle liegend. b, c (600) Hälften zweier Zellen, im breiten Längenprofil. Fig. 6 E. rupestre (300). c Zelle im Querprofil, g Zelle, welche in einen Fortsatz ausgewachsen ist, h zwei Zellen, die durch Kopulation einen Samen erzeugt haben, i (600) Hälfte einer inhaltslosen Zelle. Fig. 7 E. crenulatum Ehrenb. (400) a eine Zelle in beiden Längenansichten, b eine anormale, inhaltslose Zelle in beiden Längenansichten,

Moosrasen von überrieselten Felswänden unserer schönen Isarberge, voll mit Spindelalgen, Euastren, Kosmarien, Mesotänien und den schönsten ihrer Verwandten. Ich habe sie auf meinen allwöchentlichen Naturstreifereien erbeutet und prüfe an ihnen die Angaben meiner nicht allzugroßen, aber gewählten mikrologischen Bibliothek nach, soweit mir nicht ohnedies eine mehr denn 15jährige Erfahrung auf diesem Gebiete Zeichnungen, Präparate und Notizen in die Hand gibt. Und so, zwischen Mikroskop und Kulturglas, bitte ich dieses Werk auch zu studieren. Darauf sind seine „floristischen Lebensbilder" berechnet, und nur wer es so ernst meint mit seiner Naturbildung, wird all den Nutzen haben, der ihm darin versprochen wird.

Er möge also damit beginnen, Zierdinge zu suchen. Wo findet er sie? Ich habe das schon einige Sätze vorher verraten und kann vielleicht noch hinzusetzen, daß sie ausschließlich das Süßwasser bewohnen und höchstens noch in ganz süßem Brackwasser fortkommen. Ihr Lieblingsaufenthalt sind flache Moortümpel, wo sie, im weichen Teppich des Bodenschlammes oder zwischen Fadenalgen und Moosen hängend, sich oft so stark vermehren, daß jeder Tropfen einige enthält. Mesotaenium Braunii Kg. bildet durch seine Gallerte zusammenhängende grünlich-schwarze Klumpen an feuchten Felswänden, Spirotaenia bryophila (Bréb.) Rab., Mesotaenium caldariorum (Lag.) Hansg. und M. Amaliae Schmidle überziehen Gewächshausmauern oder feuchte Blumentöpfe mit schmutzigem Anflug. Cylindrocystis Brébissonii Menegh. bewohnt die feuchte Erde und versteckte Tümpel schwerer Wälder; berühmte Desmidienfundorte sind die Moore des Schwarzwaldes (Schwenniger Moor), die Torfstiche von Birnheim in Hessen, die Filze in Böhmen, Bayern und Tirol, die Moore des Riesengebirges, der Lüneburger Heide, die Umgebung von Berlin, der Millstädter See in Kärnten, die oberschlesischen Teiche (Trachenberg), die Rheintümpel bei Mannheim. Man hat also die reichste Auswahl, namentlich wenn man auch Hanflöcher, Gräben und Altwässer nicht unbeachtet läßt. Und dieser Reichtum erstreckt sich über die ganze Erde, erreicht in England und Skandinavien etwa seinen Höhepunkt (aber wohl nur deshalb, weil dort die meisten forschen) und hat sein Minimum in Afrika. Während sonst die Kleinwesen bei ihrer Verbreitung durch den Wind Überallwohner sind, beschränkt sich merkwürdigerweise die Gattung Ancylonema auf den Norden, Phymatodocis auf Amerika und Neu-Seeland, Streptonema auf Ostindien. Warum? Das weiß man nicht.

c, d (600) eine inhaltslose Zellenhälfte in der breiten Längenansicht (c) und in der Queransicht (d). Fig. 8 E. crenatum Ralfs (600), zwei inhaltslose Zellenhälften in der breiten Längenansicht. Fig. 9 E. polygonum. a (400) eine Zelle in den beiden Längenprofilen. b, c (600) inhaltslose Zellenhälfte in der breiten Längenansicht (b) und in der Queransicht (c). Fig. 10 E. Ungerianum. a (300) eine Zelle in den beiden Längenansichten, b—f (600) inhaltslose Zellenhälften: b, c in der breiten Längenansicht, d in der schmalen Längenansicht, e, f in der Queransicht, von der Polfläche (e) und der Isthmusfläche (f) angesehen.

B. Euastrum, c) Eucosmium. E. Hassallianum. a (200) eine Zelle in den beiden Längenansichten, b—f (400) inhaltslose Zellenhälften: b in der breiten Längenansicht, c in der schmalen Längenansicht; e, f in der Queransicht, von der Polfläche (e) und der Isthmusfläche (f); d Endlappen im Querprofil.

C. Euastrum. a) Tetracanthium. Fig. 1 E. convergens Kg. (300). a, b Zellen in der breiten Längenansicht; c in der Queransicht, d inhaltslose Zelle in der Queransicht. Fig. 2 E. depressum (300). a Zelle in der breiten Längenansicht, b in der Queransicht, c in der schmalen Längenansicht.

D. Euastrum. Fig. 1 E. bidentatum. a, b (300). a eine Zelle in der breiten und schmalen Längenansicht. c—f (600) inhaltslose Zellenhälften; c, f in der breiten Längenansicht, e in der schmalen Längenansicht, d in der Queransicht, von der Isthmusfläche angesehen; g Querprofil des Poles. Fig. 2 E. dubium. a (300). b—d (600) inhaltslose Hälfte. d in den beiden Längenansichten dargestellt. Fig. 3 E. ansatum Ehrenb. (300). a Zelle in der breiten Längenansicht; b in der schmalen Längenansicht.

(Bild und Text sind Faksimile aus K. Nägeli, Gattungen einzelliger Algen. Zürich. 1849. Tafel VII.)

Natürlich ist nun, wenn man sein Material hat, die erste Frage: Woran erkennt man Desmidien? Sie unterscheiden sich von den Geißelzellen durch den Mangel an Bewegungsorganen, von den Kieselalgen dadurch, daß sie grüne Farbstoffträger haben, von den übrigen Algen, daß sie, einzellig oder nur zu unverzweigten Zellreihen vereinigt, mit skulptierter, zweischaliger Haut umgeben und stets symmetrisch gebaut, meist in der Mitte eingeschnürt sind, wozu man beistehende Bilder vergleichen möge. Zu den Jochfäden sind die Grenzen schon schwankender, ja Genicularia und Spirotaenia sind sozusagen die Brücke, welche dem Abstammungsforscher erlaubt, beide Gruppen zur höheren Einheit der Jochalgen (Conjugatae) zu verschmelzen, um so mehr, da auch die Art der Fortpflanzung wesensgleich ist.

Das klingt alles sehr trocken-gelehrt, schlägt aber sofort in heiterste Sinnenfreude um, wenn man die solchermaßen unterschiedenen Wesen erblickt. Es macht mir immer größten Genuß und erzeugt dieselbe Spannung, wie bei einem Glücksspiele, wenn ich so in den Fluren streife und an einen Wasserspiegel komme, den ich noch nicht kenne. Was wird er enthalten? Welches Wunderding, das ich noch nie gesehen, birgt sich in dem goldbraunen, klaren Grund, von dem man Proben, sorgfältig gepflegt wie ein kränkliches Kind, nach Hause bringt? Die Phantasie schwelgt dabei in Hoffnungen. Vielleicht sind schöne Spirotänien darin, oder das seltene Cosmocladium oder Bambusina, das ich noch nie gesehen? Oder Fortpflanzungsstadien, die man selten genug trifft und die immer interessant sind, wie jede Äußerung des Innenlebens der Pflanze. Und sogar dann, wenn alle diese Hoffnungen getäuscht werden und nichts sich bietet, als dem Auge längst wohlvertraute Bilder, wandelt der Blick doch immer wieder gerne auf dem leuchtenden Goldgrün dieser Gewächse, einer der schönsten Farben, welche das Leben je erzeugt hat, und auf der einfach-edlen Architektur der Zellchen.

Will man in jemand, der Neuling ist im Zaubergarten der Kleinwelt, Liebe für deren schönsten Geschöpfe entflammen, indem man ihm einen Überblick über deren Hauptvertreter gibt, so zeige man ihm zuerst irgendeinen der Zierstäbe (Penium, Bild S. 198) oder deren Verwandte, das prächtige Pleurotaenium oder Docidium. Man lehre ihn darauf achten, daß an den prächtigen Blattgrünscheiben die für die ganze Gruppe kennzeichnende Mitteleinschnürung stets erkannt werden kann, wenn nicht schon, wie bei Pleurotaenium, eine gefällige Außenform die Zusammensetzung der Schale aus zwei Hälften ankündigt. Und dann lasse man ihn Spindelalgen (Closterium) sehen, und er wird selbst erkennen, daß, bei völliger Wesensgleichheit im Bau, die Zelle schon durch so einfache Mittel, wie die spindelförmige Zuspitzung ihrer Enden und die Krümmung, zu einer reizvollen Formenvielheit gelangt. Unsere Gewässer bieten genug Klosterien (Cl. Lunula Ehrb., acerosum Ehrb., parvulum Näg., moniliferum Ehrb., rostratum Ehrb. sind fast überall zu finden), daß man daran alle Übergänge studieren kann, von den fast geraden, zylindrischen, wenig verdünnten juncidum-Formen, zur vollkommenen Sichel nach Art von Cl. parvulum oder moniliferum auf der einen Variationsseite und den langschnäbeligen Spindeln nach Art von Cl. rostratum auf der anderen (vergl. die Farbentafel: Desmidien).

Hat man aber einmal in so verschiedenen Gestalten die Urform, aus der sie hervorgegangen sind, wieder erkennen gelernt, so wird man auch die kleinen Cosmarien und Sternscheiben (Euastrum), die sich auf unserem Faksimile aus Nägelis Algen-

Arthrodesmus incus.

Staurastrum aculeatum (von oben gesehen).

Micrasterias radiata.

Euastrum oblongum.

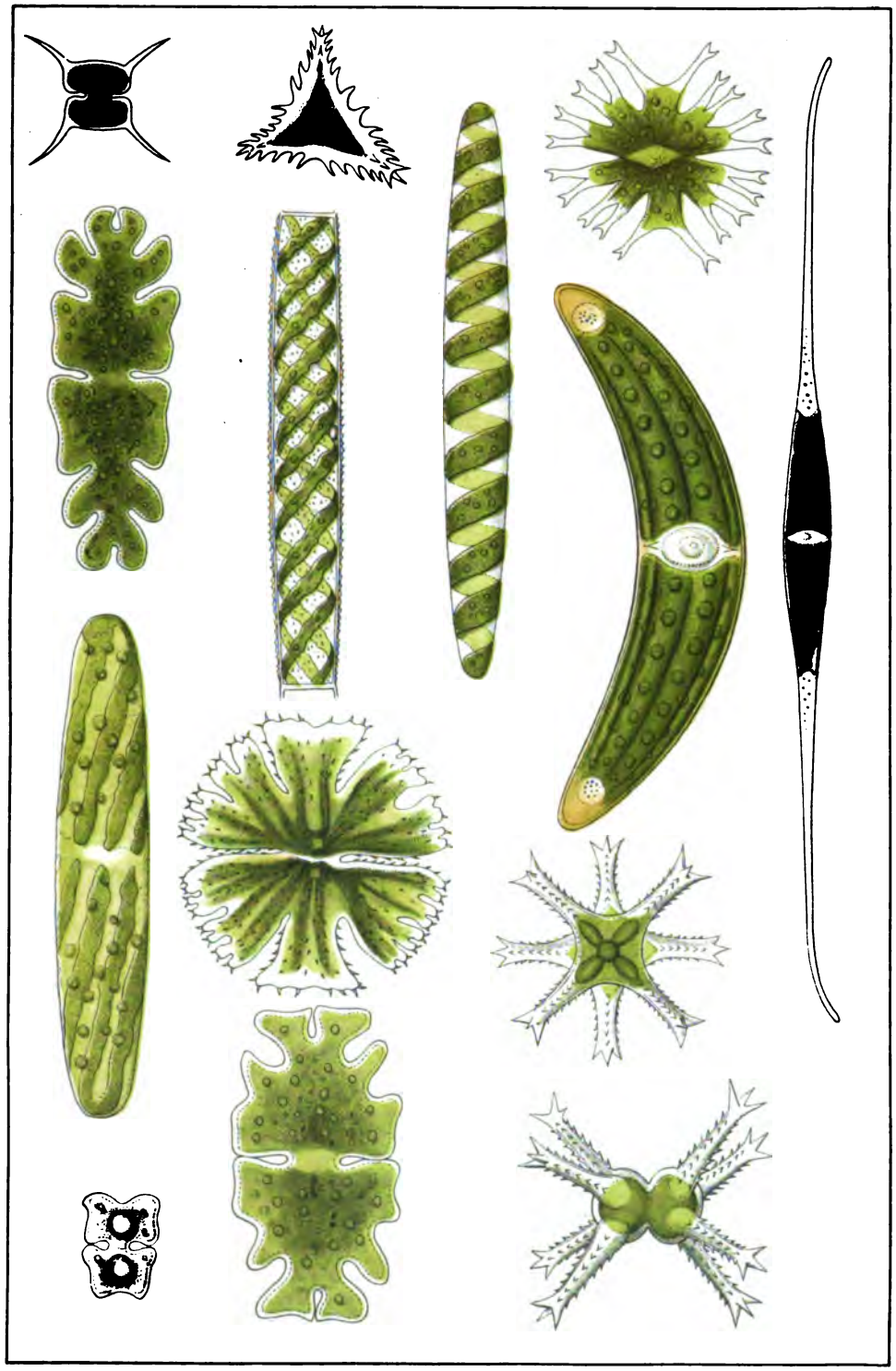
Spirotaenia condensata.

Closterium Kützingii.

Staurastrum paradoxum (in Konjugation), andere Ansicht.

Staurastrum paradoxum (in Konjugation begriffen).

Cosmarium sublobatum.



SCHÖNHEITSFORMEN DER DESMIDIACEEN.

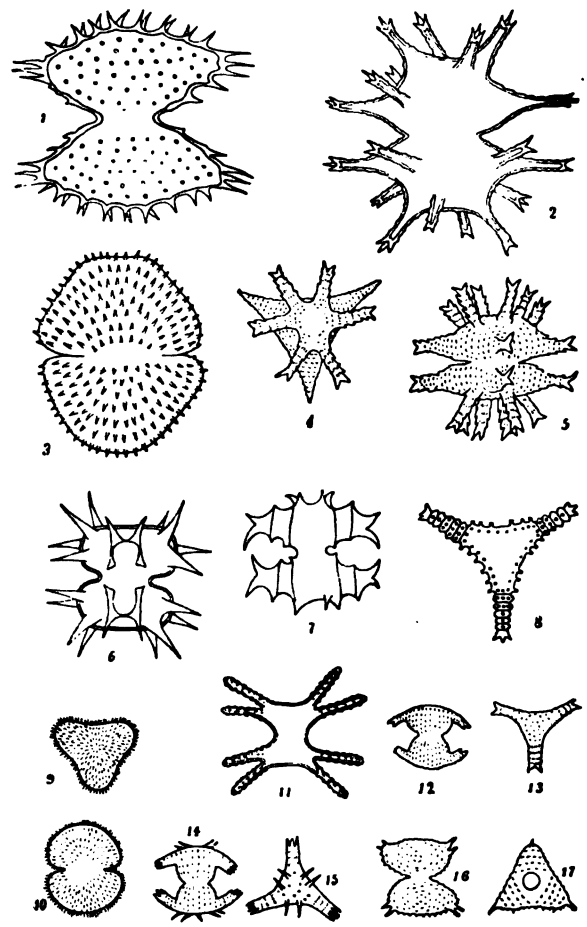
(NACH MIGULA UND HAECKEL.)

KOSMOS
STUTTGART

UNIV. OF MICH.

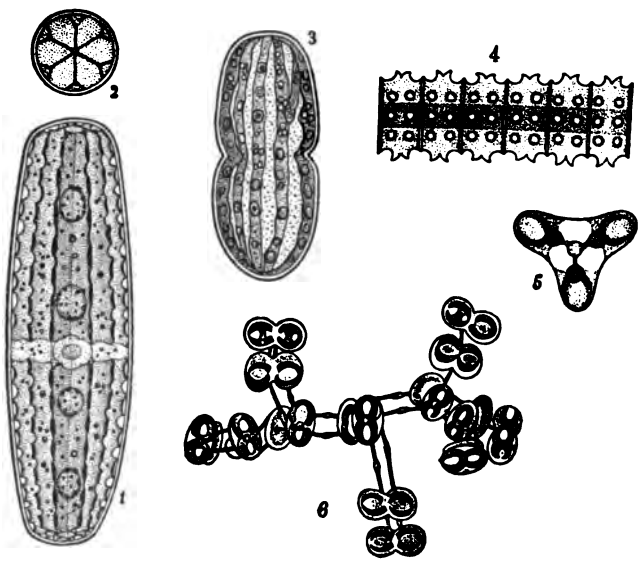
werk so reichlich abgebildet finden, leicht auf eine Peniumzelle zurückführen können. Es ist nämlich nichts anderes mit ihnen vorgegangen, als daß sich die Mitteleinschnürung sehr stark vertieft hat und daß sich an den Hälften verschiedene Einschnürungen und Buckel gebildet haben (vergl. namentlich Fig. A 5, B und D).

Solch vergleichende Formenstudien sind unbedingt notwendig, wenn man sich in ein Spezialgebiet einarbeiten will. Denn ohne sie wäre man auf Schritt und Tritt den gröblichsten Irrtümern ausgeliefert. Einen, der den Anfänger besonders häufig äfft, will ich hier noch ausdrücklich namhaft machen. Man betrachte die Abbildung 3 und 4 auf dem Nägelischen Faksimile. Wer würde nicht glauben, drei verschiedene Wesen vor sich zu haben? Und doch ist es nur eines, freilich von drei Seiten gesehen; einmal in Flächenansicht, dann von der Kante und von der Stirnseite. Deshalb muß man sich mit allen wichtigeren Gattungen von mehreren Seiten vertraut machen, sonst verbricht man die wunderlichsten Bestimmungen und kommt doch nie zurecht. Die Gattung Cosmarium, die vielleicht das gemeinste aller Zierdinge ist, diene dem Naturfreund auch als Lehrmeisterin, wenn er sich über die fast schrankenlose Variabilität dieser Einzeller unterrichten will. Sie übertrifft die der Spindelalgen, denn man kennt nur etwa 100 Closterium-Arten, wohl aber 300 Cosmarien. Diese Alge teilt jene Eigenschaft mit den Sternscheiben (Euastrum), von denen man auch 90 Arten unterscheiden muß, und namentlich mit der Gattung Staurastrum, die man zu deutsch Kreuzstern genannt hat, weil sie, von der Stirnseite betrachtet, sternförmig erscheint (siehe das Bild). Sonst aber kann sie so leicht aus Cosmarium abgeleitet werden, daß man oft in Verlegenheit ist, welcher Gattung man gewisse Gebilde einreihen soll.



Staurastrum-Arten.
1 = S. trachynotum. 2 = S. Arctiscon. 3 = S. trapezicum. 4—5 = S. eustephanum. 6 = S. Hystrix. 7 = S. Nigrae Silvae. 8 = S. Pseudosebaldii. 9—10 = S. hirsutum. 11 = S. bibrachiatum. 12—13 = S. inflexum. 14—15 = S. oxyacanthum. 16—17 = S. papillosum.
(Nach Migula.)

Wenn man einem Künstler die Aufgabe stellen würde, einen solchen Kreuzstern 250 mal zu variieren, daß doch stets die Grundgestalt erkennbar bleibe, er würde nach dem ersten Schock Versuche wohl bald ratlos werden. Und doch ist diese ungeheure Erfindungskraft in der Natur verwirklicht. Ich habe aus den Bestimmungswerken 16 Staurastren abzeichnen lassen, um meinen Lesern Gelegenheit zu geben, die unerschöpfliche Formenbildung der schaffenden Natur zu bewundern. Nach dieser Kostprobe mache man sich eine Vorstellung, welche Kunstschätze im kleinen verborgen sind, welche Künstlerfreuden man am Mikroskop genießen kann, und wie schwierig es für die experimentelle Naturforschung sein muß, zu allen diesen Formen auch die bewirkenden Ursachen ausfindig zu machen, denen sie ihr Dasein verdanken.



Wichtige Formen der Zieralgen.
1—2 = Penium Digitus Bréb. (Seiten- und Endansicht). 3 = Pleurotaeniopsis turgidus (Bréb.) Lund. 4—5 = Desmidium Swartzii Ag. 6 = Cosmocladium saxonicum D.-B. (Mäßig vergrößert.) (1 = Original, die übrigen nach De Bary und Nägeli.)

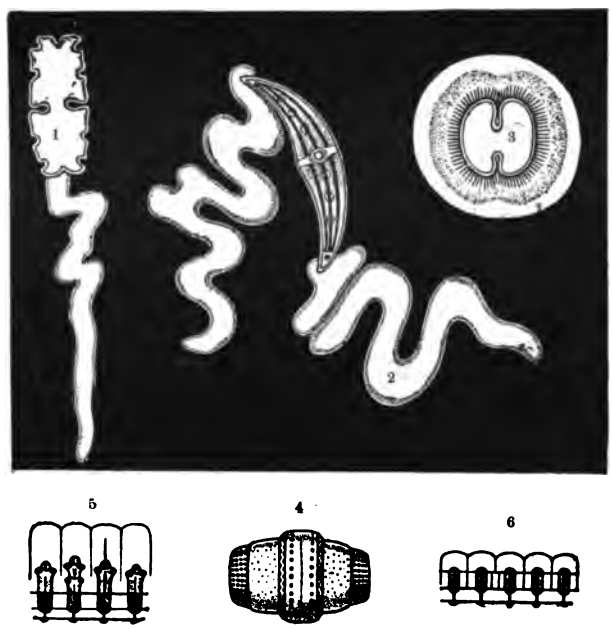
Kennt man den Zierstab (Penium), die Spindelalge (Cosmarium), die Sternscheibe (Euastrum) und den Kreuzstern (Staurastrum), so kann man sich im Gewühl, in das man durch liebevolle Untersuchung eines Torfgrabens leicht gerät, alsbald zurechtfinden. Die Zellensternchen (Micrasterias), die Spaltdornalgen (Schizacanthum), Holacanthum und Arthrodesmus (Bild S. 192) sind nichts anderes als Kosmarien und Sternscheiben, die flachgedrückt oder mit gespaltenen Dornen besetzt oder reichlich zerschlitzt sind. Und wenn einem mit solchen Vorkenntnissen dann fädige Zieralgen, etwa die häufigen Gattungen Hyalotheca, Gymnozyga oder die Zierbänder (Desmidium [Bild anbei]) vor Augen kommen, weiß man sie auch leicht zu deuten, denn die ersteren zwei sind doch nur Penien oder Pleurotänien, die nach der Teilung beisammen blieben, die Zierbänder aber einfach eine Kette von Euastren. Was hier angedeutet ist, kann jedermann sich bald vervollständigen, indem es ihm ein leichtes sein wird, alle noch auftauchenden Gestalten auf einfachere, ihm nun wohl bekannte zurückzuführen. Damit haben wir uns jedoch in diesem Kreise zurechtgefunden.

Nun wird man vielleicht Verlangen tragen, einiges auch über die feinere Durchbildung der einzelnen Desmidienzellen zu vernehmen.

Angesichts der so häufigen schönen Skulptur, nach der man die Arten unterscheidet, wird man stark an die Kieselalgen erinnert und hat natürlich sofort Interesse dafür, ob auch hier eine ähnliche kieselige Einschachtelung des Zelleibes stattgefunden hat. Die mikrochemische Reaktion heilt jedoch bald von dieser Vermutung. Man überzeugt

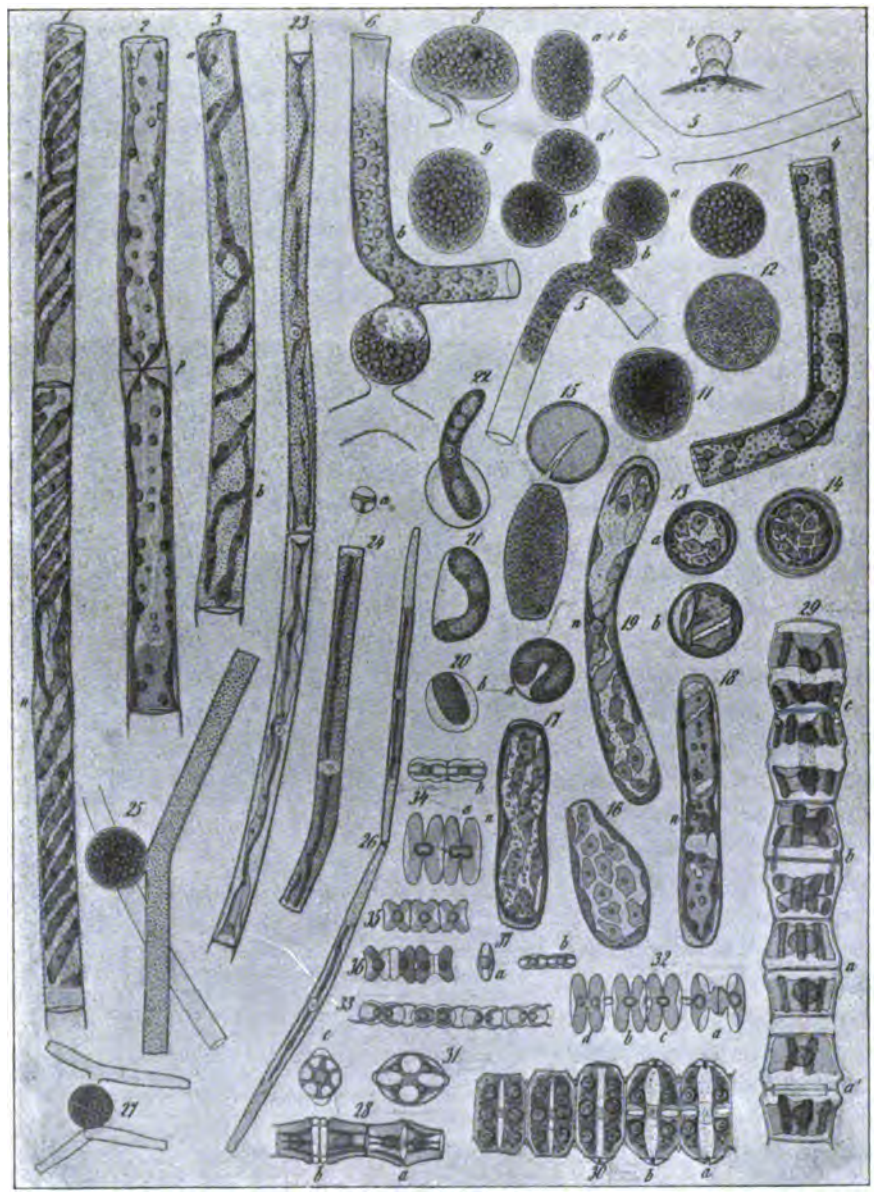
sich zwar, daß das Plasma auch hier in einer festen Schale steckt (dieserhalb, so komisch es klingt, hat man die Desmidiaceen seinerzeit für Tiere gehalten), aber diese Schale ist wieder aus zwei Schichten zusammengesetzt. Die innere enthält reinen Holzstoff (Zelluloſe), die äußere — ja, die äußere, enthält allerlei, worüber man noch nicht ganz Gewisses weiß.

Man denke an das Allerunwahrscheinlichste. Die Kieselalgenschalen bestehen aus Glas, die der Peridineen aus Holz — das ist sonderbar genug und mag schon auf ganz Bizarres vorbereiten. Trotzdem wird es niemand erraten, daß Closterium und Penium eine eiserne Rüstung anhaben. Sie speichern Eisen so reichlich, daß ihre Zellhaut oft rostbraun gefärbt ist (siehe die Farbentafel) und daß man manchmal nach dem Verbrennen der Zelle einen zierlichen eisernen Harnisch erhalten kann, in dem die Spindelalge eingeschlossen war.



Porenorgane und Gallertbildungen der Desmidiaceen. 1—3 = Euastrum, Closterium und Cosmarium-Zellen von Tusche umgeben, um die Schleimfäden und Schleimhüllen zu zeigen. 4 = Bambusina Brébissonii mit den Gallertporen. 5 = Querschnitt der Porenapparate bei Xanthidium armatum mit den Endnellen. 6 = Querschnitt der Porenapparate bei Cosmarium turgidum. (Nach Oltmanns.)

Zwei Naturforscher, Hauptfleisch und Lütkemüller, erzählen uns von der Schale der Desmidien verwunderliche Dinge. Sie sagen, alle ihre Zellwände sind mit Röhrchen (Poren) durchsetzt, die gleichmäßig verteilt oder zu Kränzen und Gruppen zusammengedrängt, mit ihrer besonderen Anordnung auch eine Besonderheit ihres Daseinszweckes verraten. Sie sind wohl Organe der Schleimbildung. Darin sind nämlich die Zierdinge große Meister. Legt man sie in wohlangerührte Tusche oder Sepia, so kann man einen, oft auch einen zwei- und dreifachen Schleimmantel um sie bemerken, der meist strahlig gebaut, bald seinen Zusammenhang mit den Poren verrät. Aber wie sonderbar! Diese Porenorgane sind mit allerlei Kappen und Mänteln umhüllt, die man nicht unzutreffend als Endnelken bezeichnet hat, und die den Harnisch der Zelle mit heraldischen Lilien zieren. Im allerkleinsten Raum verbergen sich so winzige Zieraten, die es wieder einmal bezeugen, daß man der Zelle getrost von nun an mehr Fähigkeiten wird zuschreiben können, als es die durch schlechte Mikroskope und plumpe Methoden irregeführte ältere Generation der Naturforscher zugeben will. Denn derartige Apparate müssen ihre Funktion haben, sonst wären sie nicht da, und diese Funktion bedingt wieder einen verwickelteren Zustand des Innenlebens, eröffnet also Aussicht auf neue Entdeckungen.



Bau und Fortpflanzung der Zieralgen.

Fig. 1—22 Genicularia spirotaenia. (Vergr. 390, wo nichts anderes bemerkt.)

Fig. 1. Zwei das Ende eines Fadens bildende Zellen mit drei Spiralbinden. n Zellkern (300/1). Fig. 2. Zellen mit breiten, unregelmäßigen Chlorophyllbinden und fast vollendeter Zweiteilung bei p. Fig. 3. Zelle mit drei Chlorophyllbinden, von denen eine (a) bei dem Nucleus aufhört, eine andere bei b sich gabelig teilt. Fig. 4. Kniefömig gebogene, zur Kopulation vollständig vorbereitete Zelle. Fig. 5. Zellenpaar während des Kopulationsaktes (nach 390facher Vergrößerung bedeutend verkleinert gezeichnet, die Punktierung der Zellmembran weggelassen). Der Primordialschlauch der einen Zelle (a) völlig ausgetreten, der andere (b) im Austreten begriffen. a^1, b^1 die Primordialschläuche wenige Minuten später. a + b Produkt ihrer sofort erfolgten Vereinigung. Fig. 6. Ähnlicher Entwicklungszustand wie in Fig. 5a b, die zwei Zellen nicht in einer Horizontalebene liegend (300/1). Fig. 7. Zwei Zustände eines Kopulationsfortsatzes im Moment seines Anschwellens. a erste Vergrößerung, die linsenförmige Gallertmasse wenig kleiner geworden; in b ist sie zur dünnen Membran ausgedehnt. Der Fortsatz nur vom farblosen Primordialschlauch ausgekleidet, Chlorophyllbeleg noch an seiner früheren Stelle. Fig. 8. Ein soeben vollständig in die Blase ausgetretener Primordialschlauch, stark abgeplattet, nach der Austrittsöffnung hin noch in zwei Schleimfäden aus-.

Doch sind die Besonderheiten des Schalenbaues auch hiermit noch nicht erschöpft. Vieles wäre zu sagen von den Buckeln, Warzen, Streifen, Stacheln und Dornen, denen die Desmidiensystematik natürlich Wichtigkeit beimißt. Sie sind, wenn sie tief in den Bau eingreifen, meistens Ausstülpungen der Haut, die mit Plasma erfüllt sind; die kleineren sind Hautverdickungen oder Leisten. Alle scheinen ziemlich zwecklos zustande zu kommen, fallen dadurch in dasselbe schwierige Kapitel, wie die Blumenschönheit, wenn man nicht den Weg betreten will, sie als Ausdruck des plasmatischen Baues zu fassen. Ich fühle mich veranlaßt, darauf hinzuweisen, weil ich bei dem Studium der Cosmarienschalen gefunden habe, daß deren wunderschöne regelmäßige Verzierung genau dem Bilde entspricht, das man von dem Zellplasma unter Umständen erhält (Bild S. 193). Deshalb gerate ich seitdem immer wieder auf den Gedanken, die Schale mit ihrer Skulptur sei imprägniertes, erstarrtes Plasma und nicht abgeschieden, welche Idee eine prächtige Bestätigung in den Vorgängen gelegentlich der Zellteilung erhält. Denn, wenn sich die Cosmarien teilen, weichen die beiden Schalenhälften auseinander; zwischen ihnen wachsen Ergänzungsstücke heran (Bild S. 194 (Fig. 2), auch Fig. 4 auf Bild S. 193), die von einer ganz strukturlosen Haut umhüllt sind. Innerhalb dieser arbeitet nun das lebendige Plasma eine neue Schale heraus mit allen Eigentümlichkeiten, die für die Art kennzeichnend sind, worauf sich die Interimshaut ablöst. Welch' köstlicher Einblick ist doch dies, in das zielstrebige Wirken des Plasmas, das so gewissermaßen aus seinem Künstlergedächtnis, das uralte, oft wiederholte Kunstwerk seiner Schale in sich selbst formt!

Gelegentlich dieser Zellteilungen, die übrigens nicht immer nach der Cosmarienmethode verlaufen, entdeckt man nicht unschwer, daß die Desmidienpanzer auch aus zwei Schalen bestehen, die, wie der Deckel über eine Schachtel, übereinander greifen

gezogen (welche sofort in die glatte Oberfläche des Schlauches überfließen). Fig. 9. Eine soeben entstandene Zygospore, noch ohne Zellulosehaut. Fig. 10. Eine solche mit einfacher Zellulosemembran (200/1). Fig. 11. Weiterer Entwicklungszustand: zweischichtige Membran, im Inhalt noch Chlorophyll und große Stärkekugeln. Fig. 12. Reife Zygospore. Membran dreischichtig, Inhalt farblos, feinkörnig. Fig. 13. Anfang der Keimung. (Am 22. November.) a zeigt zahlreiche wandständige Chlorophyllplättchen. b dieselbe Zygospore herumgedreht, zeigt den Chlorophyllbeleg an einer Stelle stark von der Wand nach innen gedrückt. Fig. 14. Ähnlicher Entwicklungszustand. Fig. 15. Längliche Keimzelle, dicht mit Körnchen erfüllt, aus den aufgerissenen äußeren Häuten der Zygospore hervorgetreten. (Keimzelle 1/20‴ lang, 1/50‴ breit, Durchm. der Zygospore 1/41‴.) Fig. 16. Keimzelle, an einem Ende stark verschmälert (lang 1/25‴, breit 1/50‴). Fig. 17—19 weiter entwickelte. Bei n deutlicher Zellkern. Fig. 17. 1/15‴ lang, 1/60‴ breit. Fig. 18. 1/12‴ lang, in der Mitte 1/108‴ breit. Fig. 20. a wurstförmige Keimzelle innerhalb einer hyalinen Blase zusammengekrümmt. b dieselbe um 90° gedreht. (Vergr. 190.) Fig. 21. Dieselbe nach 24stündiger Kultur auf dem Objektträger. Fig. 22. Die nämliche, noch 7 Stunden später, aus der durchrissenen Blase hervorgetreten, fast gerade gestreckt (200/1). Fig. 23—25. Gonatozygon Ralfsii (200/1). Fig. 23. Zwei Zellen eines Fadens mit einfacher, welliger Chlorophyllplatte. Fig. 24. Einzelne Zelle mit dreistrahligem, unterbrochenem Chlorophyllkörper. a Endansicht der Zelle. Fig. 25. Junge Zygospore zwischen den leeren Mutterhäuten. Fig. 26. Zwei Zellen von Gon. Brébissonii (200/1). Fig. 27. Zwei kürzere derselben Spezies, entleert, eine junge Zygospore dazwischen. Fig. 28. Bambusina Brébissonii. a, b, zwei Zellen in der Seitenansicht. a ungeteilt, mit deutlichem Kern. b mit weit vorgeschrittener Teilung, tief eingestülpter Querwand. c Endansicht einer Zelle (200/1). Fig. 29. Fadenstück derselben Pflanze, die verschiedenen Stadien der Zellteilung in der Entwicklungsfolge a, a¹, b, c zeigend. a¹ hat sich nach mehrstündiger Kultur auf dem Objektträger aus a entwickelt. (Vergr. 750.) Fig. 30. Desmidium Grevillii. Stück eines Fadens in der Seitenansicht. Inhaltsstruktur bei den vollständig im breiten Seitenprofil gesehenen Zellen a und b deutlich. Fig. 31. Endansicht einer Zelle (schwächer vergr.). Fig. 32—34. Sphaerozosma vertebratum (200/1). Fig. 32. Breites Seitenprofil eines Fadenstückes. a Zelle nach der Teilung, die zwei Hälften heranwachsend. b, c zwei Schwesterzellen, der Amylonkern in die Mitte einer jeden getreten, an der Grenzlinie beider treten die in Bildung begriffenen Klammern als kleine Punkte auf. d Zelle nach Teilung des Amylonkerns. Fig. 33. Fadenstück im schmalen Seitenprofil, die Klammern zwischen den einzelnen Zellen deutlich. Fig. 34. a Schwesterzellpaar mit in Teilung begriffenen Amylonkernen und eben angelegten Klammern im breiten, b im schmalen Seitenprofil. Fig. 35—37. Sph. secedens (700/1). Fig. 35. Dreizelliges Fadenstück, Amylonkerne noch ungeteilt. Fig. 36. Zwei Zellenpaare in verschiedenen Stadien nach der Teilung; breite Seitenansicht. Fig. 37. a Endansicht einer, b schmales Seitenprofil zweier Zellen. (Die Gallertscheide, welche die Fäden der in Fig. 29—34 dargestellten Arten meist umgibt, ist, der Raumersparnis wegen, in der Zeichnung absichtlich weggelassen.

(Bild und Text sind Faksimile aus A. De Bary, Untersuchungen über die Familie der Konjugaten. 1858. Tafel IV.)

(vergl. das Bild S. 208). Wenn sich die Spindelalgen teilen, schieben sich auf sehr verwickelte Weise zwischen die Schalenhälften (nicht unähnlich wie bei den Kieselalgen) Gürtelbänder ein, worüber in des österreichischen Arztes Lütkemüller Schriften Näheres zu ersehen ist.

So häuft sich auch in einem ganz unscheinbaren Winkel eine Menge merkwürdiger Kenntnisse, von denen die Naturforscher vor dreißig, ja noch vor fünfzehn Jahren keine Ahnung gehabt haben. Diese Erweiterung des Wissens ist seit den Tagen unserer Väter stets in der Richtung fortgeschritten, daß sich die Grenzen des Einfachen zurückverlegen. Keine Lösungen alter Fragen wurden erbracht, sondern das Rätselhafte nur zurückverschoben in noch Kleineres, womit es eigentlich noch schwieriger zu beurteilen ist. Das mag leicht unmutig machen, ist aber nicht zu ändern, und sollte höchstens dazu anspornen, unsere offenbar unzulänglichen Arbeitsweisen, vor allem unser künstliches Auge, das Mikroskop, zu verbessern. Welcher Genuß wird das für den Mikrologen sein, wenn es dazu kommt; trotz den Wahrsagungen der optischen Techniker, daß mit dem Gegenwärtigen die Grenze der optischen Leistungsfähigkeit erreicht sei! Man wird dann zweifelsohne in unzähligen Dingen umlernen müssen, und niemand, der vertraut ist mit dem Leben der Kleinwelt, wird besonders überrascht sein, wenn dann eine „Überanatomie", eine Gewebelehre der Zelle einsetzt.

Es wird in jener Zukunftswissenschaft dann sicher auch viel Debatten setzen über das selbständige Leben der Assimilationsapparate, deren allgemeine Kenntnis gerade durch das Studium der Zieralgen sehr gefördert werden kann. Man beachte die Bilder der Farbentafel und auf S. 193 und betrachte namentlich einen der in Torfmoosrasen stets häufigen Zierstäbe (Penium, Bild siehe S. 198) oder Closterium, Pleurotaenium, Spirotaenia und eine der kleineren Sternscheiben, sowie Cosmarium. In jeder ist der Farbstoffträger anders gebildet. In der Sternscheibe sind es in der Zellhälfte einfache grüne Plasmascheiben, in deren Mitte ein stärkebildender Kern (Pyrenoid, Amylumkern nannte es hier De Bary), eingesetzt ist. In der Cosmarium-Zelle (besonders gut zu sehen auf dem Faksimile aus Nägeli Fig. 3) strahlen gekrümmte Farbstoffscheiben von dem zentralen Stärkekorn aus; in der Spindelalge oder in Penium gehen regelmäßig solche Platten von einer mittleren, die Pyrenoïde tragenden Achse aus, so daß ein wohlgebauter Apparat entsteht, den man einem einfachen Wasserrad vergleichen kann, dessen Flügel gleich auf der Welle sitzen.

Nur ist zu beachten, daß, entsprechend der Verdoppelung aller Organe, in der Desmidienzelle zwei solche Wasserräder vorhanden sind, die in der Mitte durch ein Plasmaband verdoppelt sind, in dem der Zellkern wie in einer Hängematte ruht. Vergleicht man damit Spirotaenia und Genicularia der Tafel, das auf S. 193 und 200 abgebildete Mesotaenium und Gonatozygon, so erkennt man, daß innerhalb der sonst im Bau so gleichmäßigen Gruppe eine Sonderabteilung besteht. Die spiralig gewundenen oder einfach ausgestreckten Farbstoffbänder der genannten Algen kümmern sich nicht um das Prinzip der Zweiteilung. Und Pleurotaenium (Bild S. 193) und Pleurotaeniopsis auch nicht. Untersucht man Mesotaenium und Spirotaenia näher, so findet man, daß sie auch nicht zweischalig sind. Aus diesen Gründen stellt man sie neuerdings den Desmidiaceen als Sondergruppe (Mesotaeniaceen) entgegen und glaubt, sie seien einfachere Wesen, aus denen im Laufe der Zeiten

durch Vervollkommnung ebensogut die Zierdinge, als auch die Jochfäden hervorgegangen sind.

Diesen, eigentlich höchst nebensächlichen Einzelheiten gebe ich deshalb Raum, weil es eine gute Gelegenheit ist, den Leser in die Methode einzuführen, nach der man den Stammbaum der Pflanzenwelt erforscht hat. Dies geschieht immer durch solche Vergleichungen, die stets auf der Hypothese beruhen: das formell Ähnliche sei in direkter Abkommenschaft voneinander und das Einfachere sei zugleich auch das Ältere. Daß eine solche Methode leicht zu Fehlern führen kann, weil Anpassungen an besonders geartete Lebensweise oft Ähnlichkeiten hervorbringt (man denke an den fischartigen Delphin, der ein Säugetier ist!) oder einen Abkömmling hochentwickelter Wesen in eine große Einfachheit zurücksinken läßt (die schmarotzenden Würmer und Krebse sind dafür Paradebeispiele) — das ist wohl unschwer einzusehen. Man wird daher mit den Analogieschlüssen, auf die der Abstammungsforscher angewiesen ist, nur sehr vorsichtig umgehen müssen und stets trachten, für sie anderweitig auch Stützen beizubringen. Das aber ist gerade im Kreise der Kleinlebewesen schwieriger als sonst, und darum wird sich kein Einsichtiger wundern, wenn deren Systematik vorläufig noch so wechselt, wie die Damenmoden. In jedem Werke findet man deshalb andere Ansichten vertreten. Bald sind in dem Beispiel der Desmidien, von dem wir ausgingen, die Mesotänien noch mit ihnen vereinigt, bald sind — wie z. B. in dem grundlegenden Prachtwerke De Barys über diese Wesen — Gonatozygon-Genicularia zu den Jochfäden gezogen, bald sind die Desmidien mehr an die Kieselalgen angeschlossen, bald mit den Grünalgen vereinigt. Kurz, der Anfänger wird durch diese systematische Unsicherheit fortwährend von Zweifeln geplagt, ob er auch richtige Kenntnisse besitze, und erst spät ringt er sich zu dem Standpunkt durch, daß es schließlich nicht gar so wichtig sei, ob man jedes Zweiglein des großen Pflanzenstammbaumes in dem Bilde, das wir uns davon machen, auch richtig an die Stelle setzt, von der es in Wirklichkeit entsprang. Wenn nur die Hauptlinien richtig sind, ist für die Kultur, zu deren Förderung Wissenschaft schließlich da sein soll, alles das gewonnen, was uns zur Neuordnung unseres Weltbildes und unserer Lebensführung dienlich ist. Von dieser höheren Warte aus gesehen, hat der gelehrte Streit über Systemeinzelheiten wenig Interesse, um so mehr dagegen die Forschungen, welche neue Lebensregungen in der Urmaterie aufdecken oder altbekannte besser erklären.

Auch dieser Punkt verdient einige allgemeine Betrachtungen, wenngleich er im engeren nicht ganz zu dem Gegenstand, über den man hier Auskunft sucht, gehört. Doch denke ich mir immer, daß man mit dem Interesse für irgendwelche Naturgegenstände unausgesprochen oder offen die Absicht verbindet, sich über sein eigenes Sein dadurch mehr Klarheit zu verschaffen, daß man seine Mitgeschöpfe mehr beachtet. Denn was soll mich z. B. an einer Spindelalge, nachdem ich mich an dem Liebreiz ihrer Erscheinung sattgesehen habe, noch weiter fesseln, wenn nicht der Gedanke, daß mir diese Zelle, mit der ich in meiner Herkunft ganz unten am Stammbaume der Menschheit verwachsen bin, die mir schon deshalb nahe steht, weil ich vor 30 und einigen Jahren auch eine solche einzellebende Zelle war, eine Menge Aufschlüsse darüber geben kann, ob es wirklich möglich ist, alle menschlichen Eigenschaften auf natürlichem Wege aus Zellen-

eigenschaften abzuleiten! Wenn ja, so wird selbstverständlich das Naturstudium die wichtigste Quelle sein müssen, um den menschlichen Geist und seine Äußerungen, seine Fehler, seine Großtaten, das Wesen des Genies und des Verbrechers, die Künste, das Gesellschaftsleben, den Ursprung der Gesetze, der Moral, der Erfindungen, kurz, den ganzen Interessenkreis des Menschen von Grund auf zu verstehen und dadurch alle unsere Einrichtungen auf natürliche, gesunde und darum auch dauerhafte Weise zu verbessern. Ich wenigstens bekenne mich in meinem ganzen Auftreten und Streben von diesem Gedanken erfüllt. Warum habe ich Interesse für die Natur? Weil sie nicht nur meinen Schönheitssinn befriedigt, sondern weil sie mir eine Menge Aufschlüsse gegeben hat, die mir Nutzen für mein Denken, Empfinden und meine Lebensweise gebracht haben. Seitdem ich mich davon überzeugte, daß ich aus Zellen von solcher Beschaffenheit bestehe wie die, welche ich so gern beobachte, seitdem ich die wohlbegründete Überzeugung habe, daß ich mit allen meinen Mitmenschen zusammen aus einfachen Tieren, in letzter Hinsicht aus Einzellern hervorgegangen bin, habe ich eben wirklich einen sicheren Anhaltspunkt gefunden, wie ich mein Leben einzurichten habe. Vordem hat mich oft der Gedanke gequält, es sei dieses Leben vielleicht nur eine unbefriedigende Vorbereitung auf ein anderes, ewiges Dasein in rein geistiger Form. Meine Erzieher und viele Männer von hervorragender Stellung und großem Verstande haben das ja gelehrt und mir gesagt, ich müsse, um jenes ewige Leben zu verdienen, eine Menge Dinge tun, die mir peinlich waren. Das hat mich in einen Zwiespalt und in fortwährende Zweifel versetzt. Aus der Geschichte sah ich, daß zu der Zeit, da die Menschen unbedingt an jene mir schwer-glaublichen Lehren glaubten, viel mehr Menschen höchst elend waren als jetzt. Warum? Weil sie verzichteten, zu forschen und zu lernen, und so in einem erbärmlichen Zustand von Barbarei dahinlebten, fortwährend bedrückt von Ausbrüchen großer Grausamkeit. Sie ließen sich auch viel mehr ausbeuten und unterdrücken als heute, wo jene Lehren von der übernatürlichen Bestimmung des Menschen nicht mehr soviel Glauben finden, daß man ausschließlich nach ihnen des Lebens Führung einrichtet. Aber ich mußte mir auch sagen, daß ich, wenn jene Lehren recht behalten, sicher auf die schrecklichste Weise werde büßen müssen für meinen Ungehorsam, daß ich sie in meiner Lebensführung gar nicht mehr beachtete. Aus diesem Für und Wider entstand zwischen meinem 14. bis 18. Lebensjahr ein höchst unglücklicher Zustand, und ich kannte viele, die unter einer derartigen Unsicherheit ebenso heftig litten wie ich. Da begann ich mir durch eigene Arbeit Überzeugung von der Berechtigung der Behauptungen der Naturforscher zu verschaffen. Ich sah: alles, was sie behaupteten, lasse sich kontrollieren; ich sah, daß es wirklich Zellen und einzellige Wesen gibt, die wie ein Menschenei aussehen, daß versteinerte Wesen einfacher seien, je tiefer sie aus dem Erdenschoß herausgeholt werden, daß also die Entwicklungslehre recht hat; ich sah, daß die Pflanzen auch Zellenwesen sind, daß ihnen auch dieselben Lebenseigenschaften zukommen wie den tierischen Zellen, nur in besonderer Weise abgeändert, wie es ihrer Lebensweise entspricht. Mein dadurch auf feste Grundlagen gestelltes logisches Denken ließ mich einsehen, daß ich also durch und durch im Leiblichen wie im Geistigen aus Zelleneigenschaften erklärbar bin. Von da ab wurde mein ganzes Gemütsleben heller. Die Zweifel hörten auf, und die Sorge darob, daß ich nicht nach den Lehren einer sich

für übernatürlich haltenden Weltanschauung lebte, verschwand. Dafür bemerkte ich, daß ich in vielen Dingen jenen Mitmenschen überlegen wurde, die keine naturwissenschaftliche Bildung besaßen. Sie schädigten sich durch allerlei Handlungen, die kein natürliches Wesen tut und die ich von nun an unterließ. Nicht weil man es mir sagte, sondern weil ich es von selbst einsah. Ich richtete mich langsam ganz nach dem, was mir meine Naturbeobachtung als förderlich für das Leben lehrte. Ich wählte natürlichere Nahrung, vermied ungesunde Getränke. Ich suchte die Erfordernisse des Kulturlebens, soweit es ging, mit den Gesetzen zu vereinen, nach denen Zellenwesen am besten gedeihen. Ich hatte auf einmal Verständnis für eine Menge Lebensreformen und Lust zu vielen Dingen, die mir früher fehlte, dagegen vermied ich ohne jede Aufforderung eine Menge anderer, sogen. Genüsse und Lebensreize, die ich früher nicht entbehren zu können glaubte. Und der Genius des Lebens segnete mich offenbar. Ich wurde binnen wenigen Jahren so gesund, körperlich und geistig so leistungsfähig, dabei so heiteren Gemütes und so seelenruhig, wie ich es vorhin nicht gewesen war. Das war ein praktischer Erfolg der naturwissenschaftlichen Bildung. Dadurch gedieh mein Hauswesen, mein Wirkungskreis erweiterte sich, mein Wohlstand hob sich, und ich erreichte eine Lebensstellung voll innerer Freiheit und Befriedigung, wie ich es nie gehofft. Und darum beeile ich mich, meinen Sohn zum Streben nach solcher natürlicher Selbstbildung, die derartigen Segen nach sich führt, zu erziehen.

Da habe ich es schlicht angedeutet, was hinter meiner Naturfreude, die mich geradenweges zur Naturreligion und einer aus ihren Offenbarungen abgeleiteten Moral und damit Lebensweise führte, steckt, und was mir Natur heute geworden ist. Vor allem auch, warum ich Bücher wie dieses schreibe. Um andere der gleichen Freudigkeit teilhaftig werden zu lassen, die mich erfüllt, und um ihnen den Weg zu ähnlicher Entwicklung zu weisen, die ich nahm, nachdem ich mir meine Naturauffassung angeeignet hatte. Damit ist auch der Grund angegeben, warum ich in diesem die Naturoffenbarung lobpreisenden Werke stets auf das Lebende, auf das geistig Wirkende in der Pflanze hinweise. Denn nur dann, wenn man das selbst beobachtet, kommt man zum wahren Verständnis der Einheit zwischen uns und der lebenden Natur, und nur, wenn uns dieses Verständnis bis ins Herz durchdringt, wird unser Verstand veranlaßt, uns durch Einsicht auf den rechten Weg zu leiten, der zu Gesundheit, Natürlichkeit, innerer Harmonie and damit zum Wohlstand und zu voller Entfaltung der Persönlichkeit führt.

„Systematische" Naturgeschichte, bloße Kenntnis von Einzelheiten, exakte Haarspaltereien und trockene Beschreibungen haben diese erzieherische und erlösende Wirkung nicht. Sie findet der Leser auch übergenug in anderen Werken. Meines soll vorteilhaft von ihnen unterschieden sein, indem es alle Folgerungen aus dem großartigen Entwicklungsgesetz ziehend, die Einheit aller lebenden Natur herausarbeitet und damit den Anstoß gibt zu einer Lebensreform seiner Leser und einer Reform der Wissenschaft, als deren Herold es auftritt und zu deren herrlicher Entfaltung es in Redlichkeit Bausteine herbeizutragen unternimmt. . . .

Auf solche Gedanken über Lebensweisheit und daraus folgender Lebensweise wird man hingeleitet, wenn man philosophierend die Lebensregungen der Farbstoffträger beobachtet. Man hat nämlich bald herausgefunden, daß sie nicht bloß Stärke-

fabrikanten sind (welche Stärke sich in den Zierdingen oft ziemlich anhäuft in Form kleiner Körnchen), sondern auch Vermittler einer zweifellosen Empfindung für Licht. Dies äußert sich darin, daß Gonatozygon, das eine Blattgrünplatte besitzt, diese stets so stellt, daß sie in schwachem Licht wagrecht zu den Strahlen (Flächenstellung), bei starkem, nämlich direktem Sonnenlicht aber parallel zu ihnen (Profilstellung) stehen, was die so nahe verwandten Mesocarpus und Mougeotia-Zellen, die auch viel häufiger sind, zum vielgezeigten Schaustück in jedem botanischen Unterrichtskurs gemacht hat. Diese Drehungen des lebenden Körpers, durch die das Pflänzchen verrät, daß es ein Gefühl habe zur Messung der Lichtmenge (man nennt das Photometrie) und zugleich soviel Urteilskraft, um seine Empfindung zu vernunftgemäßer Tätigkeit zu benützen, sie werden aber noch bei weitem überboten durch die Geschäftigkeit anderer Desmidien, die durch einen starren Farbstoffträgerbau verhindert sind, ihre inneren Organe in wünschenswerter Weise zu verrücken. Sie bewirken auf einen wohl von den Chromatophoren empfundenen Lichtreiz hin durch Ausscheidung von Gallerte an ganz verschiedenen Stellen sogar eine Ortsveränderung! Es ist rührend zu sehen, wie so ein hinfälliges Ding alle seine schwachen Kräfte zusammennimmt, um sich vor Schaden und Unlust zu bewahren — aber man bestaunt es andächtig, wie trefflich ihm dies trotz aller Schwäche gelingt.

Der Geist, der unserer Erde und allen ihren Geschöpfen innewohnt, spricht wohlvernehmlich zu dem gesunden Gemüt, das ihn noch stets seit der Frömmigkeit der alten Inder und Griechen, seit Empedokles bis zu Giordano Bruno und Suso, von Goethe bis zu Fechner, E. v. Hartmann und uns Neu-Pantheisten aus den Offenbarungen der Natur hat reden hören — er redet mit feurigen Zungen zu dem Wissenden, der im Kleinseher das wunderliche Tun einer Spindelalge oder einer Pleurotaenium-Zelle beobachtet.

Diese Zellen sind sehr lichtempfindlich und fühlen sich nur in einem kühlen Helldunkel wohl, dem zuliebe sie ihren ganzen Wohnort mühsam absuchen. Sie können nur unbeholfen pendeln und rutschen und Purzelbäume schlagen, aber wenn sie auch halblahm sind wie ein Krüppel, so stellen sie wenigstens ihre Längsachse quer zum Licht, um sich einen Zustand zu verschaffen, den auch Naturforscher, die sich gar nicht mit dem Gedanken eines Seelenlebens der Pflanzen befreunden können, so z. B. der Algenforscher Oltmanns in seiner „Morphologie und Biologie der Algen“ (Bd. I, S. 79), als durch „willkürliche Steuerung“ erreicht bezeichnen — womit ja dann die ganze Pflanzenpsychologie zugegeben ist.

Die Pleurotänien heften sich an dem einen Zellende mit einem Gallertfuß fest, auf dem sie langsam so pendeln, daß ihre freie Spitze gegen das Licht gerichtet ist; außerdem rutschen sie auf ihrem Schleimfuße gegen das Licht zu, bis es nicht zu grell ist. Ist ein gewisser Lichtgenuß überschritten, drehen sie ihr freies Ende herum und ziehen sich wieder, langsam wie eine Schnecke gleitend, zurück. Closterium macht es ebenso, nur purzelt das Hörnchen dabei ergötzlich umher, da es abwechselnd jedes Ende einmal ankittet. Wenn man dies in Tusche beobachtet (Bild S. 199), verwundert man sich, wieviel Schleim zu diesen Spaziergängen verwendet wird. Am schönsten arbeitet Cl. moniliferum, am einfachsten machen es die Sternscheiben — im ganzen und großen hat man dieser Erscheinung, die freilich für eine Wissenschaft

sehr unheimlich ist, welche den Pflanzen die Willkür abspricht, noch nicht genügende Beachtung geschenkt, so daß sich hier noch viel Neues und natürlich höchst Wertvolles beobachten läßt. Jedenfalls aber ist so viel bereits sicher, daß wir es in alle Welt hinausrufen können: die niederen Pflanzen haben willkürliche Bewegungen!

Und das ist ein fester Punkt, vom dem aus sich die alte Welt der unnatürlichen Denk- und Lebensweisen aus den Angeln heben läßt.

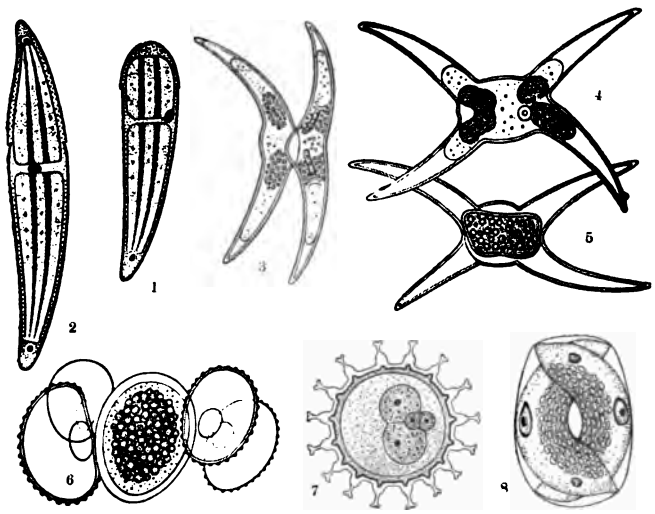
Mit diesen Lebenserscheinungen ist nun fast alles gesagt, was für den Naturfreund von dem Zierdingleben besonderen Wert hat. Im sonstigen sind diese lieblichen Elfchen des Wassertropfens echte und rechte Pflanzenzellen. Vielleicht ist noch das zu erwähnen, daß ihr Zellkern immer in der Mitte der Zellen, in dem Verbindungsband der Schalen aufgehängt ist, daß ihr plasmatisches Inneres oft in einem Strömen und Fließen begriffen, manchmal aber (siehe das Bild auf S. 193) durch Vakuolen schaumig ist, wie eine Schüssel voll Seifenblasen (was mir jedoch krankhaft vorkommt). Zwei solcher Vakuolen sind bei der Spindelalge (manchmal auch bei Pleurotaenium, Penium, Cosmarium 2c.) regelmäßig vorhanden, und der Mikroskopiker wird höchlichst gefesselt durch den zitternden Tanz der in sie eingeschlossenen Gipskörnchen. Aber eine auffällige Erscheinung ist oft recht bedeutungslos. Die Gipskristalle, von der Zelle ausgeschieden, wie mancher Öltropfen, wimmeln einfach deshalb, weil Plasmaströme ihren kleinen Behälter umkreisen.

Palla hat in allen Zellen auch Karyoïde gefunden (vgl. S. 166) — eine Nachricht, mit der nichts anzufangen ist, solange man nicht weiß, was Karyoïde sind, und die höchstens wieder nur so viel bedeutet, daß nach einiger Zeit noch mehr „Innenleben" der Zellen entdeckt werden wird, als dessen „Organe" sich dann die Karyoïde vorstellen werden.

Alle Lehr- und Handbücher der Algenkunde behandeln die Fortpflanzung der Desmidien mit großer Wichtigkeit. Aber das ist nur ein Nachklang der systematischen Botanik. Weil man die Pflanzen nach dem Sexualsystem eingeteilt hat, mußte man also in ihrem Geschlechtsleben schon wegen der säuberlichen Unterscheidung wohl Bescheid wissen. Auch die „Stammesgeschichte" spielt da mit hinein. Die Zieralgen sind Konjugaten, d. h. Pflanzen mit einem einfachen Befruchtungsvorgang. Damit nageln sie einen Entwicklungswendepunkt fest — Grund genug, daß man für die Art ihrer Befruchtung besonderes Interesse hat. Doch läßt sich alles Wesentliche davon in wenigen Worten erzählen. Es gibt in diesem Kreise zwei Fortpflanzungsarten: einfache Teilung (von der auf S. 202 schon das Nötige mitgeteilt wurde) und Konjugation. Die letztere hat Ehrenberg entdeckt, der Engländer Ralfs, dann De Bary sehr eingehend studiert, nach ihm besonders Klebahn. Und so wissen wir über sie folgendes:

Meist im Frühling (März bis Mai) oder im Frühsommer genügt den Zellen aus noch nicht durchschauten Ursachen ihre Teilung nicht mehr. Die Spindelalgen, an denen man (nebst der Kreuzsternalge und Cosmarium) den Vorgang bequem beobachten kann, suchen sich zu diesem Zwecke auf und vereinigen sich zu Paaren. Kein Naturforscher hat noch darauf geachtet, daß der Konjugation ein Geschlechtstrieb vorangehen muß, nichts anderes als eine sehr vereinfachte Form von „Liebessehnsucht". Und nicht allein das. Damit sich zwei Zellen finden, ihre Schale in der Mitte gewissermaßen aufbrechen, wie man ein Horn abbricht, sich gegenseitig Fortsätze zusenden, sich in Schleim

hüllen und in diesem geschützten Raum dann zusammenkriechen und sich zu einer Zygote vereinigen, dazu gehört nicht nur das Streben, sich zu finden, sondern auch eine Reihe von Wahrnehmungen, welche die durch das Streben angeregten Bewegungen richtig lenken; es spielt dabei die Empfindung gegenseitig abgeschiedener chemischer Stoffe die Hauptrolle, und schließlich eine nicht zu unterschätzende Summe von Urteilsfunktionen, welche die Wahrnehmungen mit den Strebungen solcherart verbinden, daß daraus jene obenerwähnte logische Folge von Handlungen werde, welche jeder Naturbeobachter gelegentlich der Kopulation der Desmidien sehen kann und deren Hauptwendepunkte anbei in Bildern festgehalten sind. Bei solcher klaren und unzweifelhaften Sachlage wagt man jedoch noch immer an dem alten Dogma festzuhalten, daß die Pflanze, bezw. ihre Zelle nicht beseelt sei! Man hat in neuerer Zeit das offene Eintreten dafür an mehreren Stellen sehr mißbilligt und sucht durch Angriffe und andere Mittel die Bekenner dieser Wahrheit einzuschüchtern.



Zellteilung und Geschlechtsvorgänge der Zierdinge.
1—2 = Zellteilung der Spindelalgen. Die Zelle besteht aus dem einen alten Horn, an welches das neue langsam zuwächst. (Nach A. Fischer.) 3—5 = Die Kopulation einer Spindelalge (Closterium parvulum Näg.) von der ersten Annäherung der Zellen bis zur Ausbildung der Jochspore. (Nach A. De Bary.) 6—7 = Die Kopulation von Cosmarium und die fertige Jochspore (7) mit der dreifachen Schutzhülle. (Nach De Bary und Klebahn.) 8 = Keimlinge der Spindelalge, aus einer Zygote hervorgegangen. In jeder Zelle sieht man den Großkern und den Kleinkern. (Nach Klebahn.)

Die „Naturwissenschaftliche Wochenschrift" warnt vor der „psychologischen Botanik" als „Pflanzenmystik" und sucht den Pantheismus lächerlich zu machen, obwohl sie keinerlei Erklärung für die Grundtatsache meiner Theorie, für die Selbstregulation, zu geben weiß. Professoren der Philosophie erheben in den Tagesblättern leidenschaftliche Proteste gegen mich, weil die Welt nur ein Mechanismus sein könne, dem Selbstbestimmung und darum Würde fremd ist. Das ist eben der Kernpunkt der ganzen Sache. Keine andere Wahl bleibt dem denkenden Naturforscher, als entweder anzunehmen, daß eine so zielstrebig handelnde Pflanze, wie im gegebenen Fall die Spindelalge, die Marionette, die Maschine, das mechanische Spielzeug ist, das ein unbegreiflich voraussehender Mechaniker hergestellt hat, oder wenn man dies nicht kann, daß sie selbst so viel Willen, Wahrnehmungs- und Urteilsfähigkeit besitzt, um die geschilderten Handlungen auszuführen. Mit anderen Worten, angesichts der von allen Naturforschern zugegebenen Sachlage kann man nur dann auf eine Erklärung verzichten, wenn man darauf verzichtet, von dem menschlichen Verstand den Gebrauch zu machen, zu dem er befähigt ist. Das taten — es tut mir leid, dies öffentlich

aussprechen zu müssen, doch zwingt die Verteidigung der Rechte unserer Wissenschaft dazu — dies taten lange Jahre hindurch viele Botaniker. Sie beschrieben einfach die Vorgänge und nahmen sie eben als „gegeben", ohne nach ihrem Woher? und Warum? zu fragen. Noch heute gibt es genug „Wissenschaftler", die zu solch einem die Wissenschaft herabwürdigenden und ihres wahren Nutzens beraubenden Vorgehen raten. Weigert sich jedoch der Naturforscher nicht, die ihm von seinem Amte auferlegte Pflicht zu erfüllen, so steht er vor dem oben aufgezeigten Scheideweg. Entweder hat ein außerhalb der Natur stehendes (weil alle Naturdinge beherrschendes) Wesen die Pflanzen geschaffen und so eingerichtet, daß sie blind zu ihrem Nutzen allerlei so tun, als ob sie die Wahrnehmungskraft, den Willen und Verstand besäßen, der zu solchem nützlichen Tun gehört, oder die Pflanze ist ein empfindendes, wollendes und urteilendes Wesen von der Art wie wir selbst. Auf Schlagworte gebracht: Entweder steckt das Prinzip des Deismus, bezw. Theismus oder das des Pantheismus hinter den Handlungen der Spindelalge sowie aller Pflanzen. Ein Drittes gibt es nicht.

Wenn man die Sache dermaßen bis auf die Wurzel verfolgt, versteht man auch, woher in Wirklichkeit die große Abneigung gegen die Pflanzenpsychologie rührt und wohin der Kampf dagegen zielt. Man muß, wenn man den Pflanzen Seelisches zugesteht, eine Weltanschauung ändern und das ist viel verlangt, ja, wie die Verhältnisse liegen, vielfach dem Fortkommen, oft sogar der Existenz hinderlich. Der Pantheismus ist einfach anstößig. Er widerstreitet allen herkömmlichen Anschauungen und Einrichtungen. Wer sich zum Pantheismus bekennt, hat viele Konflikte zu befürchten. Diese Lehre macht nicht „vor Gott und den Menschen wohlgefällig". Bleibt also für das praktische Leben der Schluß: Pflanzenpsychologie ist ein gefährlicher Boden — und oft genug heißt das, ergo taugt sie nichts!

Das alles muß sich der unerschrockene Denker sagen, wenn er über die Befruchtungsvorgänge der Klosterien nachdenkt — und ich habe wohl nicht zuviel versprochen, als ich sagte, das Studium dieses kleinen Pflänzchens beleuchte viele sehr wissenswerte Dinge. Wenn es nun sogar zur Klarheit über so lebenswichtige Fragen verhilft, so war dieser kleine Ab- und Umweg nicht umsonst getan und wird mir verziehen.

Die Kopulation selbst verläuft bei den verschiedenen Gattungen, ja sogar innerhalb derselben Gattung (z. B. bei den Klosterien) etwas anders. Am einfachsten verläuft sie bei Mesotaenium. Da strecken die Zellen Fortsätze einander entgegen, durch die ihr Inhalt zusammenfließt wie zwei Amöben. Penium und manche Klosterien legen sich gleichgerichtet aneinander; andere Klosterien und auch Cosmarium und Staurastrum kopulieren kreuzweise. Manchmal teilen sich die Zellen noch vor dem Vereinigen. Die „Jochspore" entsteht im Zwischenraum (siehe das Bild), dessen Wand rasch verschleimt. Bei Didymoprium schlüpft aber der eine Zellkörper einfach in den anderen hinein — kurz, es fehlt nicht an Mannigfaltigkeit, aus welcher der Systematiker den Gedanken schöpfte, daß sich darin der stammesgeschichtliche Entwicklungsgang spiegelt. Und zwar so, daß die Zierdinge mit der einfachsten Fortpflanzungsart, d. h. die Mesotänien, die Stammväter der ganzen Jochalgengruppe sind, aus der einerseits die später zu beschreibenden Jochfäden (Zygnemaceen) hervorgingen, andererseits (aus Spirotaenia) die eigentlichen Desmidien. So etwas sind freilich nur Spekulationen, die sich mit allerlei Belegen und Wahrscheinlichkeitsgründen stützen,

aber nie bis zur Gewißheit treiben lassen, weshalb sich natürlich in jedem Werke über diesen Gegenstand in Einzelheiten abweichende Meinungen finden.

Als liebreizende Erscheinung verdienen besonders die Jochsporen (Zygosporen, Zygoten) beachtet zu werden. Sie sind vollgestopft mit Nahrungsmitteln, die der aus ihnen hervorbrechende Keimling braucht. Aber nicht das ist das Hübsche an ihnen, sondern ihre dreifache Wand (siehe das Bild auf S. 208), welche nach außen hin oft noch verzweigte Stacheln treibt, deren Erzeugung natürlich niemand mechanisch erklären kann. Auch sonst bietet dieser einfache Geschlechtsakt vielerlei, woran sich der Forscher Scharfsinn abmüht. Wenn man Zierdinge reichlich mit Zucker nährt und sie viel Sonnenschein genießen läßt, bilden sie Jungfernsporen (Parthenosporen), d. h. sie verzichten auf den gewöhnlichen Geschlechtsakt. Auch die Keimung der Zygoten fordert zum Nachdenken auf. So wie die Samen vieler Blütepflanzen erst gewisse Zeit ruhen müssen, damit sie keimen, so machen auch die Zierdinge eine solche Ruhezeit durch. De Bary schreibt, daß Zygoten von Genicularia und Gonatozygon, die im März bis Mai gebildet wurden, erst zwischen November und Januar keimten.

Die Keimung selbst erfolgt unter sonderbaren Umständen. Klebahn hat beobachtet, daß bei Closterium und Cosmarium die Zellkerne der sich vereinigenden Zellen (die man gewöhnlich als Gameten bezeichnet) getrennt bleiben. Den ganzen Winter über unterlassen sie die endgültige Eigenschaftenverschmelzung. Erst dicht vor der Keimung verschmelzen sie, und dann hebt eine doppelte Kernteilung an, der eine Zellteilung folgt. Zum Schluß sind in der Jochspore zwei Zellen da, deren jede einen großen und einen kleinen Kern besitzt (vergl. das Bild auf S. 208). Was mit dem kleinen Kern geschieht, weiß man noch nicht — das läßt sich zu schwer beobachten. Nur das eine steht fest, daß alle Zierdinge aus ihrer Jochspore zwei Keimlinge entlassen, was so regelmäßig geschieht, daß es als Kennzeichen der Desmidien betrachtet werden kann. Nur die Mesotänien machen auch darin eine Ausnahme. Sie erzeugen vier (seltener acht) Keimlinge. Der Algenforscher Oltmanns bemerkt dazu scharfsinnig, daß man daraus auch ein Beweisstück für die Abstammung der Desmidien von Mesotänien schmieden dürfe, denn die vier Kerne in den Keimzellen bedeuten einfach (auf Grund des biogenetischen Gesetzes) das Durchlaufen einer früheren Formenreihe. Freilich hat man damit noch nicht erfahren, was diese innere Tätigkeit der Zellen bedeuten soll. Man muß sich begnügen, auf die Analogie mit dem Befruchtungsvorgang und verkappten Generationswechsel der Blütepflanzen hinzuweisen, denn damit haben diese Vorgänge große Ähnlichkeit (vergl. dazu das in Bd. II, S. 483 u. ff. Gesagte).

Und wer es nicht für zu kühn hält, schon heute daran zu denken, daß die Intelligenz des Lebens mit solcher Verteilung und Mischung der Kernstoffe einen gesunden Ausgleich der individuellen Eigenschaften anstrebt, der wird wohl durch die Naturforschung des nächsten Jahrzehntes gerechtfertigt werden, denn alle Erkenntnisse deuten nach dieser Richtung. Es war also nicht übertrieben, wenn ich eingangs meiner Schilderung vom Leben der Zierdinge die Bemerkung wagte, daß alle Probleme der modernen Botanik durch der Zierdinge Erforschung gefördert werden können. Denn Zellanatomie und Sinnesphysiologie, Psychologie mit ihren naturphilosophischen Ausblicken, die Fragen der Stammesgeschichte und die Rätsel der Sexualität und Vererbung mußten aufgerollt werden, um die Eigenart dieser kleinsten Pflänzchen zu deuten. Da kann

man doch ihr Studium wirklich getrost empfehlen, denn es bietet dem Naturforscher ganz andere Anregung, als bloße Ergötzung in Formen und Registerführung der Variabilität, mit der ich pflichtgemäß meine kleine Monographie beenden muß.

Als Unterfamilie muß man nach allem Gesagten wohl die

Mesotäniaceen

gelten lassen. Zu ihnen gehören Mesotaenium, Cylindrocystis und Spirotaenia (Bilder auf S. 193 und auf der Farbentafel). Alle drei Gattungen sind Moosbewohner, soweit man sie nicht auf feuchten Felsen und in Torfsümpfen findet. Zu erkennen sind sie daran, daß ihre Schale nicht aus zwei Hälften besteht. Unterscheiden kann man sie leicht, denn Mesotaenium hat ein geradegestrecktes Farbband, bei Spirotaenia ist es spiralig gerollt, bei Cylindrocystis sind die Chloroplasten zu einem Doppelstern angeordnet.

Nicht so einfach gestaltet sich das System der zweiten Unterfamilie der

Desmidiaceen.

Ich habe berechnet, daß derzeit etwa 1100 Zierdingarten unterschieden werden. Genau läßt sich das, wie bei allen Pflanzen, nicht sagen, denn das Schrifttum darüber ist in alle Sprachen zersplittert, und täglich werden neue beschrieben. Darum sind Werke wie De Tonis Sylloge Algarum, Nordstedts Index oder Borges Zusammenstellungen der neuen Desmidienliteratur in der Zeitschrift La nuova Notarisia ab 1896 höchst verdienstlich, denn ohne sie könnte sich niemand mehr im Wirrsal zurechtfinden. Was De Bary an einer Stelle seines Werkes über die Jochfäden sagt: „Wenn auch (unter den Arten) eine Anzahl natürlicher wohlbegründeter enthalten ist, so sind dieselben doch meist auf Merkmale gegründet, welche sich keineswegs mit der Schärfe und Beständigkeit unterscheiden, wie die besser gekannten Spezies höherer Gewächse“ — das gilt von allen niederen Pflanzen, von den Spaltpilzen bis zu den Moosen. Wer in ihr System eindringt, verstrickt sich in eine Dornenhecke, die ihm das Gehirn blutig reißt und schließlich fragt er sich: lohnt es denn, diese Zweifelsqualen zu erdulden um solch kleiner und geringwürdiger Ziele willen?

Ich habe das halbe Dutzend Gattungen bereits genannt, das man studiert haben muß, um die Lebenserscheinungen der Zieralgenzelle mit eigenem Urteil zu durchdringen; nun mag man diese Vorschule damit ergänzen, daß man vernimmt,

Cosmarium*	habe etwa	300	Arten,
die Kreuzsternalge* (Staurastrum)	„ „	250	„
die Spindelalge* (Closterium)	„ „	95—100	„
die Sternscheibe* (Euastrum)	„ „	90	„
das Zellensternchen* (Micrasterias)	„ „	60	„
der Zierstab* (Penium)	„ „	40	„
die Gattung Holacanthum*	„ „	30	„
der Vierling* (Arthrodesmus)	„ „	25	„
Docidium*	„ „	25	„
Pleurotaenium*	„ „	25	„

was zusammen etwa 930—1000 Arten gibt, während das restliche Hundert sich noch auf etwa 16 Gattungen (Cosmocladium*, Gonatozygon*, Hyalotheca*, Zierband (Desmidium*), Spaltdornalge (Schizacanthum*), Spondylosium,

Didymoprium, Tetmemorus, Pleurotaeniopsis*, Pleurenterium*, Genicularia*, Gymnozyga, Onychonema u. a.) mit je 4—9 Arten verteilt, von denen die mit einem Sternchen bezeichneten in diesem Abschnitt abgebildet sind.

Von ihnen hat keine einzige irgendwelche kulturgeschichtliche oder sonstig gemein beachtenswerte Bedeutung erlangt, außer vielleicht Closterium für die Geschichte unserer Wissenschaft selbst, durch den hartnäckigen Streit, den man 50 Jahre lang darum führte, ob der „halbe Mond", wie dieses Wesen von seinem Entdecker mit naiver Anschaulichkeit genannt wurde — ein Tier oder eine Pflanze sei. Nichts kennzeichnet so sehr die vollständige Einheit und den gemeinsamen Ursprung des pflanzlichen und des tierischen Lebens, als dieser in allen Gruppen, bei Geißelzellen, Spaltpilzen, Spalt- und Kieselalgen und nun auch bei den Zierdingen wiederkehrende Streit der Forscher. Ehrenberg, der allen Ernstes in sie tierische Organisation hineingeheimnissen wollte, sagt von den Klosterien: „Diese Tierchen sind sehr pflanzenartig und träge." Er hat damit wirklich den Nagel auf den Kopf getroffen. Das ist in Kürze der moderne Begriff der Pflanze überhaupt geworden. Sie erscheint uns als ein träges Tierchen, dessen Artung wir als Pflanze bezeichnen. Und man kann es unschwer voraussagen, daß spätere Zeiten das beste Verdienst unserer Generation darin sehen werden, daß wir Tier- und Pflanzenkunde zu einer Wissenschaft verschmolzen haben und daß die Kühneren unter uns es wagten, daraus die naheliegenden Folgen zu ziehen. Zu solcher Kühnheit aber ermutigt gerade das Studium der Desmidiaceen, und das ist, aufs engste zusammengedrängt, das Bedeutungsvollste an diesen Wesen: sie haben großen, forschungsanregenden Wert!

Eine Gestaltenreihe verdient jedoch auch aus anderem Grunde besonders beachtet zu werden. Ich meine die Gattungen Gonatozygon und Genicularia, die auf dem Faksimile aus De Barys Werk abgebildet sind (Genicularia auch auf der Farbentafel). Diese zwei Gattungen vereinigen ihre Zellen oft zu Fäden, die in Teichen und Tümpeln ziemlich selten* an der Oberfläche schwimmen. Ihrem Äußeren nach stimmen sie völlig mit den Jochfäden und zwar mit den Gattungen Mougeotia und Spirogyra überein, daß sie nicht nur der Anfänger damit verwechselt (der wahre Unterschied liegt in dem etwas verschiedenen Fortpflanzungsmodus, ferner darin, daß ihre Zellen nicht miteinander verwachsen und mit Warzen besetzt sind), sondern auch manche Naturforscher (so De Bary) sie zu den Jochfäden zählten. Sie bilden eben wahrhaft den Übergang zu ihnen, den die Entwicklungslehre ohnedies zwischen allen Wesensgruppen fordert. Diese

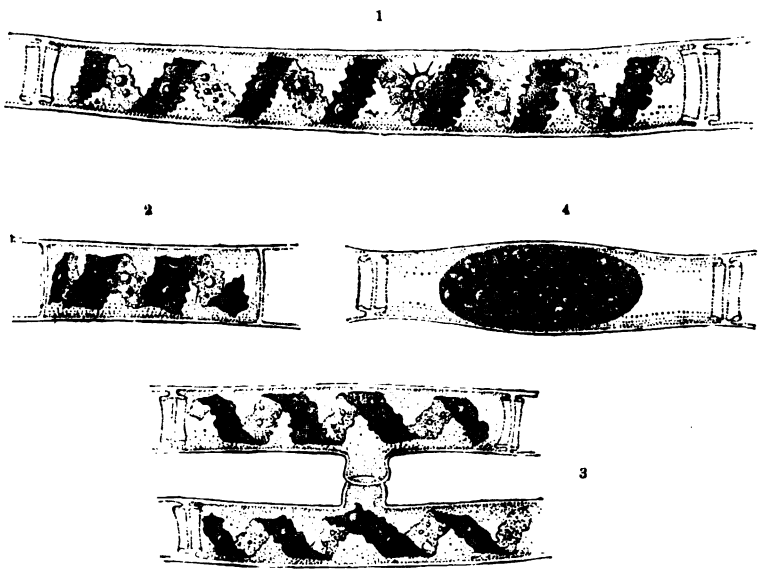
Jochfäden (Zygnemaceen),

als dritte Familie der Konjugaten, wurden in der bisherigen Darstellung vernachlässigt, weil sie nun durch eine Sonderschilderung ausgezeichnet werden sollen. Sie leben nämlich vielfach an anderen Orten als die Zierdinge und weichen trotz aller Übereinstimmung doch wieder im Ansehen so von ihnen ab, daß man es wohl wagen durfte, eine künstliche Scheidewand zu errichten.

---

* Fundorte für Gonatozygon sind Tümpel und Gräben in der Pfalz, bei Breslau, in Niederösterreich, Böhmen, Baden. Genicularia ist noch seltener und wurde bei Freiburg i. B. und bei Frankfurt a. M. gefunden.

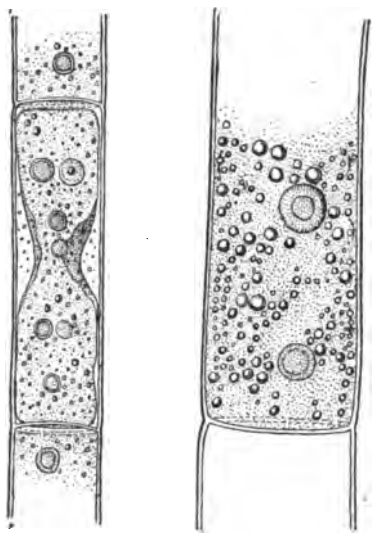
Ich behaupte kühnlich, daß die Jochfäden jedermann vom Ansehen bekannt sind. Denn sie treten aus der Nacht der Kleinheit heraus, sind einzeln wie ein grünes Haar anzusehen, kommen aber nie einzeln, sondern meist in ganzen Filzen und Perücken vor, so daß sie zu einem kennzeichnenden Bestandteil des Sumpfbildes geworden sind. Wer kennt sie nicht, die „Algenwatten", die als gelbgrünes Vlies auf den Frühlingsteichen liegen und sich so unangenehm schleimig anfühlen, daß man es meist nach dem ersten Versuch vorzieht, die Finger von ihnen zu lassen! Das sind Jochfäden, meist die wohl jedem Mikrologen bekannte Schraubenalge (Spirogyra), selten Zellfäden, in denen eine grüne Platte liegt, statt des farbigen Spiralbands der Spirogyren, woran der Kundige die Gattungen Mougeotia, Debarya und Gonatonema erkennt, die sich nur durch feinere Einzelheiten der Kopulation voneinander unterscheiden. Selten mischt sich in die Algenwatten auch der Jochfaden (Zygnema), den man sofort daran erkennt, daß seine Farbstoffträger zu zwei zierlichen Sternen angeordnet sind.* Diese Fadenalgen sind bei näherer Besichtigung ganz nach der Schablone der Zierdinge gebaut. Sie sind von einer Gallerthülle umschlossen (diese verursacht den etwas unappetitlichen Eindruck), doch ist ihre Zellhaut nicht zweischalig, sondern ein einfacher Schlauch für den Zellinhalt, der sich bei der Teilung ringförmig einschnürt und eine Zwischenwand einschiebt, deren Ringfalten (s. obiges Bild) häufig dauernd erhalten bleiben. Darin eingesperrt ist eine Plasmamasse, welche sich gewöhnlich der Innenwand anlagert und von da zahlreiche Fäden und Bänder durch das mit Saft erfüllte Zellinnere sendet. Solche Fäden strahlen bei der Schraubenalge regelmäßig nach dem Mittelpunkt der Zelle und vereinigen sich dort zu einem plasmatischen Beutel, in den der Zellkern eingeschlossen ist (s. das Bild). Der Farbstoffträger hat die bereits beschriebenen Formen und ist reichlich mit Stärkekörnern durch-



Bau und Lebensgeschichte der Schraubenalge (Spirogyra sp.).
1 = Ausgewachsene Zelle mit Ringfalten, Blattgrünband, dessen Stärkekernen und Zellkern. 2 = Zelle kurz nach der Teilung. 3 = Zwei Zellen vor der Kopulation. Das Chlorophyllband hat sich noch nicht zusammengeballt. 4 = Bildung von Ruhesporen. Der Zellinhalt zieht sich zusammen und füllt sich mit Nahrungsstoffen. (Original des Verfassers.)

* Eine zweifelhafte Gattung Zygogonium hat unregelmäßig geballte, oft zu einem Strang zusammenfließende Farbstoffträger und dicke geschichtete Zellhaut.

setzt. Außerdem finden sich aber auch noch frei gebildete Stärkekörnchen, Öltropfen, oft Gerbsäure und manchmal (Spirogyra, Zygnema purpureum) auch ein roter Farbstoff. Palla hat seine unverständlichen Karyoide auch in Jochfäden gefunden. Die Fortpflanzung findet in der Nacht (ab 11 Uhr) durch Zellteilung statt; im Herbst und unter besonderen Umständen stellt sich auch dieselbe geschlechtliche Vereinigung ein, die wir bereits bei den Zierdingen kennen gelernt haben. Und zwar werden nach Art der Mesotänien Fortsätze einander zugetrieben, die miteinander verschmelzen und in denen die Zygote entsteht und reift. So bei den Schraubenalgen und Jochfäden (Zygnema). Bei manchen meldet sich ein Geschlechtsunterschied, indem nur die eine Zelle tätig ist und zu der anderen hinüberschlüpft, so daß damit bereits ein Unterschied weiblicher und männlicher Fäden nach Art von Samenfäden und Ei angedeutet ist. Zuweilen sind die kopulierenden Zellen knieförmig einander zugebogen. Manchmal bilden sich ungeschlechtliche Dauersporen (Aplanosporen (siehe das Bild auf S. 213); auch zerfallen oft die Fäden in Einzelzellen, die dann wieder zu Fäden heranwachsen, oder einzelne Zellen umgeben sich mit dicker Haut und überstehen so ungünstige Lebensverhältnisse (sog. Akineten). Auch Jungfernbefruchtung kommt vor. Die Geschlechtserzeugnisse haben auch die dreifache Hülle der Zierdinge. Im Frühjahr brechen sie auf, und es entschlüpft ihnen eine junge Zelle, die zu Fäden auswächst.



Mougeotia genouflexa.
Links Zelle mit deutlich abgegrenzter Blattgrünscheibe, die sich in der Mitte auf Lichtreize hin einkrümmt. Rechts stärker vergrößertes Stück einer Zelle mit Blattgrünscheibe in Flächenstellung, welche die ganze Zelle ausfüllt. (Original des Verfassers.)

Das ist in trockener Kürze die Naturgeschichte der Jochfäden. Niemand wird behaupten, daß sie besonders interessant ist. Aber man darf Naturkunde auch nicht so behandeln, wie manche Lehrbücher, denen diese Kostprobe entnommen ist, wenn man ihr begeisterte Jünger werben will, deren Begeisterung übrigens auch nur dann anhält, wenn sie merken, daß man aus solcher Beschäftigung geistigen Nutzen zieht. Zu diesem Zweck muß man einen anderen Weg der Darstellung einschlagen und mit der überkommenen, aus den Zeiten des Unterrichtes durch Mönche und ausgediente Soldaten stammenden Beschreibungsart gründlich aufräumen.

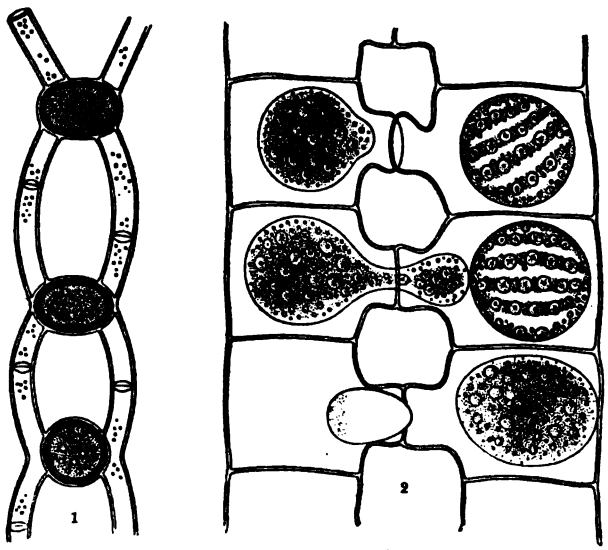
Man erlaube mir daher, um ein „Schulbeispiel" zu schaffen, die Naturgeschichte der Jochfäden in der herbeigesehnten Reformdarstellung zu wiederholen, und man wird sehen, wie sich aus Altbekanntem sofort neue Einsichten gewinnen lassen und manches andere, Unerwartete dazu.

Man sollte es nicht verschweigen, daß Schraubenalgen und die nach dem französischen Naturforscher Mougeot benannte Mougeotia tief in das Innenleben der Pflanze hineinsehen lassen, daher für die botanische Wissenschaft denselben großen Wert bedeuten, wie Kaninchen, Meerschweinchen und Hund für die Physiologie.

Eine Menge physiologischer Versuche läßt sich an ihnen prächtig ausführen. Der Lehrer wird die überall so leicht zu beschaffenden Spirogyren gern benützen, um seinen Zöglingen einen anschaulichen Begriff des Zellkernes beizubringen, denn so gut sieht man ihn sonst fast niemals. Wie eine Spinne im Netz, so hängt er in den Maschen seiner weitverzweigten Plasmafäden, und indem man mühelos wahrnimmt, daß diese Fäden zu den einzelnen Windungen des Blattgrünbandes ziehen, eine Telegraphenleitung in der ganzen Zelle herstellen, wird man wieder, wie bei den Kieselalgen (vgl. S. 166), auf den Gedanken gebracht, daß der Zellkern in irgendwelchem Zusammenhange mit den Lebenstätigkeiten sein muß. Und zwar muß er auch hier das regierende Zentralorgan sein, sonst würden sich nicht die Leitungen in ihm vereinigen. Und wirklich haben gerade die Studien an der Schraubenalge Beweise für solchen Glauben herbeigeschafft. J. Gerassimow, ein russischer Forscher, der sich immer wieder mit diesem Gegenstand beschäftigt, hat in raffinierter Weise durch Abkühlung der Zellen während ihrer Teilung künstlich kernlose Spirogyra-Zellen erzeugen können. In solchen geht zwar das Leben eine Zeitlang weiter, aber in einigen Wochen gehen sie stets zugrunde. Auch werden sie leichter von Schmarotzerpilzen überwältigt und sind weniger widerstandsfähig. Durch solche Teilungen ließen sich natürlich auch zweikernige Zellen erzielen und sie zeigten wieder ein anderes Verhalten. Die Blattgrünbänder waren in solchen um die verdoppelte Kernmasse herum üppiger ausgebildet, sie waren breiter, lappiger; statt 7—9 Chlorophyllbändern waren 11—16 da. Kurz, es war dadurch unzweifelhaft, daß der Kern für die Zelle eine Art Akkumulator vorstellt, der sie mit Energie speist und ihre Tätigkeit auch lenkt. Man muß dazu nur die ähnlichen Ergebnisse heranziehen, die Pfeffer, Haberlandt, Klebs und viele Zoologen mit anderen Zellen erreichten, und hat einen großen Schritt im Verständnis des Zellenlebens gemacht. Man wagt dann sich mit dem Gedanken zu befreunden, den nun hochfliegende Naturforscher (so z. B. E. Rignano in seiner Theorie der Vererbung erworbener Eigenschaften) immer häufiger in ihren Lebenserklärungen verwenden, daß der Zellkern etwa das „nervöse Zentrum" der Zelle, das Zellenhirn sei, das — wie sich Pfeffer und zwar ganz im Sinne einer Pflanzenpsychologie — ausdrückt, Befehle und Mitteilungen vermittelt, sowohl in der Zelle als auch durch die Verbindungsfäden in ganzen Organen und Organismen. Mit wie viel mehr Interesse betrachtet man nun die niedliche Schraubenalge, wenn man an ihren hübschen Zellkern solche weittragende Ideen knüpfen kann!

Aber das ist noch nicht alles. Auch ihr Blattgrün ist höchst lehrreich. Dieses gelappte, seiner Länge nach verdickte, mit Stärkeherden reichlich besetzte Band offenbart dem geduldigen Beobachter ein wallend Eigenleben. Die Lappen und Zacken ändern ihre Gestalt, sehr langsam, aber doch unzweifelhaft. Das Blattgrünband benimmt sich wie eine träge Amöbe. Es vollführt „eigenwillige" Bewegungen. Jeder moderne Lehrer zeigt das im Unterricht an den Mougeotien. Deren Blattgrünplatte dreht sich um ihre Achse, um grellem Licht auszuweichen, geringes Licht dagegen möglichst auszunützen. Der Blattgrünträger ist also ein selbständig lebendiges Wesen, das die ganze Zelle zu ihrem Leben nützlichen Bewegungen veranlaßt. Man bedenke, was das heißt, und zweifle nicht bloß angesichts der Kühnheit solcher Behauptung, sondern überzeuge sich davon, daß die

Schraubenalge ihre Fäden aufrichtet — wie das Hofmeister schon im Jahre 1874 von Sp. princeps beschrieb — ja sogar dem Lichte nachrutscht, um — wie Oltmanns, wieder ganz pflanzenpsychologistisch sagt — die günstigste Lichtstärke „aufzusuchen". [Es ist seltsam, daß kein Naturforscher, wenn er die Dinge beschreibt, es vermeiden kann, sich so auszudrücken, als ob die Pflanze eine Seele hätte, während er dies heftig verneint, falls man ihn darob befragt.] Diese Spirogyren sind überhaupt ganz rebellische Wesen, was noch viel zu wenig bekannt ist. Fischt man sie aus dem Teiche, so verwirren sich natürlich ihre Fadenbüschel, aber setzt man sie in ein Aquarium*, dann entwirren sie selbsttätig ihren Knäuel, krümmen sich, gleiten und pendeln so lange mit Hilfe von geeignet dirigiertem Wachstum an verschiedenen Stellen, bis sie wieder zum wohlgekämmten Strahn geordnet sind; ja, Fürwitzige stecken sogar einen Zipfel in die feuchte Luft. Und solchen Wesen spricht eine hartnäckig an veralteten Anschauungen festhaltende Gelehrtenschule das erste Lebensrecht: das der Selbstbestimmung (Autonomie) ab!



Kopulation der Jochfäden.
1 = Zygotenbildung von Mougeotia calcarea (Clev.) Wittr.
2 = Die einzelnen Stadien der Zygotenbildung bei Spirogyra Heeriana Näg. (Nach Wittrock und De Bary.)

Je besser man jedoch die Jochfäden kennen lernt, desto mehr Waffen bekommt man in die Hand, um das alte Vorurteil von der „seelenlosen Pflanze" zu bekämpfen. Man achte z. B. auf folgendes:

Die in stehenden Gewässern freischwimmenden Jochfäden endigen mit Zellen, die nicht anders geformt sind, wie die inmitten des Fadens. Es gibt jedoch eine in Flüssen gedeihende Spirogyra fluviatilis, für die es wohl ein Bedürfnis wäre, an eine feste Unterlage gebunden zu sein. Wenn der Lamarckismus recht hat, der die Lehre aufstellt, daß die Eigenschaften der Lebewesen Bedürfnisbefriedigungen sind, so müßte diese Schraubenalge Wurzeln haben, denn sie braucht sie. Und sie hat sie auch. Die Zelle des einen Endes ist in Haftfäden zerfasert, die sich an Holz oder Steine anklammern. Der nordische Algenforscher Borge hat durch Versuche festgestellt, daß Wurzelfäden (Rhizoiden) auch an solchen Spirogyren hervorgerufen werden, die sonst nie derartiges bilden, wenn man sie durch Berührungsreize dazu anreizt. Wie könnte das die Pflanze, wenn sie nicht über jene „reizverwertenden" Fähigkeiten gebieten würde, die man eben als psychisch zu bezeichnen pflegt! Die Andeutung solcher Haftfäden wird

* Man muß ihnen sehr viel Wasser bieten, damit sie sich erhalten. Sie sind überhaupt schwer zu züchten.

man — wie nebenbei bemerkt werden soll — übrigens bei keinem keimenden Jochfaden vermissen. Das ist ein Zeichen eines gewissen Schutzbestrebens und zugleich der einzige wirkliche Unterschied, den De Bary zwischen ihnen und den Desmidien fand.

Eine weitere, besonders sinnvolle Äußerung des pflanzlichen Innenlebens ist das Abstoßen kranker oder toter Glieder aus dem Zellverbande. Man kann das unschwer selbst beobachten. Ein normales Zerbrechen der Fäden tritt von selbst ein, wenn sie eine gewisse Länge erreicht haben. W. Bennecke, ein deutscher Pflanzenforscher, hat aber darauf besonders seine Aufmerksamkeit gerichtet und erkannt, daß unter Umständen die Zellen eines Fadens mit einem scharfen Ruck auseinander sausen (besonders Mougeotia), was immer dadurch bewirkt wird, daß eine einzelne Zelle durch ungünstige Verhältnisse geschwächt oder getötet ist. Die mechanische Spannung (Turgor), die in ihr durch ihre Lebenstätigkeit herrscht, sinkt; dadurch wird das Gleichgewicht der Spannungen im Zellenfaden gestört, und die verbindenden Zwischenhäute reißen. Das Endresultat ist: der Faden zerfällt, das unbrauchbare Glied wird ausgestoßen; den gesunden aber schadet die Zerfällung nichts, denn durch Teilungen wachsen sie wieder zu ganzen Fäden heran.

Auch die parthenogenetische Bildung von Dauersporen deutet auf die Selbsttätigkeit der Jochfäden. G. Klebs hat eine eigenartige Methodik ausgebildet, den Pflanzen durch Veränderung der Lebensweise Gelegenheit zu geben, ihre Eigenschaften nach allen Richtungen zu verraten, und er hat namentlich an Schraubenalgen gezeigt, daß ihre Geschlechtsfortpflanzung nur die Antwort auf Veränderungen ihrer Umgebung ist. Seine Resultate sind zugleich ein hübsches Beispiel von dem erkenntnisfördernden Nutzen der Pflanzenpsychologie, den nun einzelne Gelehrte, wenn es nicht mehr geht, die Tatsachen zu leugnen und das Zwingende der aus ihnen gezogenen Schlüsse abzuweisen, in Frage ziehen. Warum tun sie das? Vielleicht, um einen Fortschritt des Wissens zu verhindern, der viele angesehene Arbeiten zu bloßen Vorstufen herabdrückt, also tief in gelehrtes Selbstgefühl und Eigenliebe eingreift, was man sich auch stets vor Augen halten muß, um die große Abneigung gerade der älteren Naturforscher gegen die von den neueren verkündeten Lehren zu begreifen.

Klebs wußte mit seiner großen Gewissenhaftigkeit und wohldurchdachten Versuchsanordnung eine Menge neuer Tatsachen zutage zu fördern, und er legt sie in wahrhaft verwirrender Fülle vor. Er findet, daß Sp. inflata zur Konjugation schreitet, wenn sie hellem Sonnenlicht ausgesetzt in nur wenig Wasser gehalten wird. Besonders das Sonnenlicht ist die Hauptbedingung der geschlechtlichen Fortpflanzung. Wenn man dem Wasser Nährlösung* zufügt, wird der Geschlechtsakt auffällig gehemmt, ebenso in fließendem Wasser. Bei Sp. varians blieb dadurch sogar bereits begonnene Konjugation stillstehen. Und durch Hinzufügen von 1% KN-Lösung (also Nährlösung) oder 6% Rohrzuckerlösung kann man sich zum Geschlechtsakt vorbereitende Zellen zwingen, Parthenosporen zu erzeugen, d. h. eine Notsporenbildung hervorzubringen,

* Jochfäden gedeihen leicht, wenn man ihnen viel Wasser, dagegen nicht direkten Sonnenschein bietet und als Nährlösung die (auch für andere Faden- und sonstige Grünalgen geeignete) Knopsche Mischung, deren Rezept lautet: in 80 ccm destill. Wasser 1 g phosphorsaures Kali, 1 g salpetersaures Kali, 1 g schwefelsaure Magnesia — ferner in 20 ccm Wasser 4 g salpeter, sauren Kalk, dann beide Lösungen mischen und zur Kultur 14—35fach verdünnen.

die sich darauf beschränkt, im eigenen Häuschen ohne fremde Mitwirkung eine Dauerzelle herzustellen.

Was kann man mit diesem Rohmaterial an Beobachtung beginnen? Man sieht daraus nur, daß unter gewissen Umständen dies und jenes erfolgt, und dadurch ist man nicht sonderlich klüger. Klebs, der von der neuen Auffassung der Pflanze nichts wissen will, hat auch aus den von ihm herbeigeschafften Bausteinen nichts errichtet. Wohl aber hätten seine Beobachtungen sofort ihren Sinn gehabt und damit ihren Erkenntnisnutzen, wenn er mit der Methode der Pflanzenseelenlehre gearbeitet hätte. Denn dann hätte er sich gesagt: in welche Bedürfnislage habe ich denn meine Versuchsobjekte versetzt? Ich habe ihnen reichlich Sonne und wenig Wasser zugeführt — ich habe sie also in eine Lage gebracht, der sie in der Natur bei dem baldigen Austrocknen des Tümpels gewärtig sind (seichtes Wasser, daher bessere Durchsonnung, viel Sonne = heiße Tage). Und sie antworteten mit reichlicher Konjugation, d. h. sie erzeugten jene Dauersporen, die am besten die Austrocknung vertragen. Sie gaben also eine sinnvolle Antwort. Ich habe ihnen dann fließendes Wasser zugeführt und reichlich Nahrung. Das bedeutet nichts anderes, als daß ich ihre Bedürfnislage aufhob und ihnen künstlich den Naturzustand verschaffte, der eintritt, wenn sich die Gewässer füllen und die Lebewelt des Wassers sorglos leben kann, ohne für den Moment auf Erhaltung der Art „bedacht" sein zu müssen. Also gaben sie auch jetzt wieder eine sinngemäße Antwort, und ich habe mit meinen Versuchen einen neuen Beweis dafür beigebracht, daß die Pflanzenzelle reizverwertend handelt und wenn auch recht automatenhaft (darauf deutet die Parthenosporenbildung), so doch auf niedrigster Stufe jene Intelligenzhandlungen ausführt, die nötig sind, damit ein lebendiges Wesen sich erhalte, wenn günstige Bedingungen eintreten oder ungünstige es an Leib und Leben bedrohen.

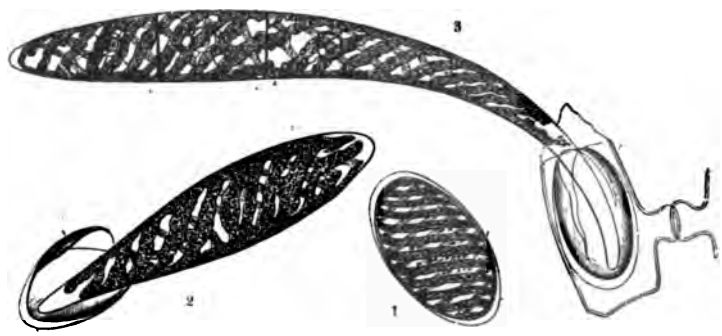
Nun frage ich: Ist der Naturforscher, der so denkt, dem Wesen der Pflanze nicht näher gekommen, hat er so den Endzweck der Pflanzenkunde nicht mehr gefördert, als mit der früher umrissenen Denkungsart, die einfach Zusammenhänge zwischen Leben und Umwelt aufdeckt, ohne sich um den Sinn dieser Zusammenhänge zu kümmern?

Wer sich nun durch dieses sehr schlagende Beispiel verlocken ließ, wenigstens als „forschungsförderndes Prinzip" den Pflanzen eine solche Reizverwertung zuzugestehen, dem fällt es wie Schuppen von den Augen, wenn er sich die Vorgänge der Konjugation selbst betrachtet. Jede Handlung der Zelle wird verständlich und erscheint als natürlich, wenn man den „psychischen Faktor" als treibende Kraft in sie einsetzt; ohne das erscheint das Leben der Pflanze geheimnisvoll, ja unheimlich, wie eine klappernde Maschine, deren Triebkraft man nicht kennt. Da Tatsachen beweisen, betrachten wir noch einmal die Tatsachen.

Wie geht die Konjugation vor sich? Zwei Fäden, die unweit beisammenliegen, führen Bewegungen aus, um so nahe aneinander zu geraten, daß sie sich mit Leichtigkeit Fortsätze zusenden können. Jeder Faden treibt einen Schlauch; die Schläuche suchen sich, treffen sich, verschmelzen, und das Zusammenfließen der Zellkörper beginnt. Das Ganze ist Aktivität, ist Handlung. Die Zellen werden von etwas getrieben. Aber von was? Haberlandt sagt: durch chemische Reize. Jeder Faden erzeugt eine verschiedene Substanz; dadurch wirkt der eine auf den anderen und lockt dessen Fortsatz hervor.

Wenn man die Fäden in Agargallerte legt, daß sie zwar am Leben bleiben, aber sich nicht bewegen können, dann senden sie sich nur bis zur Entfernung ihres 2—3fachen Durchmessers Fortsätze zu — ein Zeichen, daß der chemische Reiz nur so weit wirkt.

Das ist eine Hypothese, die man aufgestellt hat, weil eine andere nicht gut möglich ist. Aber ist denn damit nicht alles zugegeben, was dieselben Gelehrten, die sie vertreten, bestreiten, wenn man das Kind beim Namen nennt? Denn damit ein chemischer Reiz wirke, muß jemand da sein, der ihn *empfindet*, und wer auf Empfindungen hin eine zweckmäßige Handlung ausführt, muß eine Empfindungsvorstellung mit den seine Handlung bewirkenden Vorstellungen durch ein Urteil verknüpfen können — mit einem Wort: in *Haberlandts* Hypothese der Konjugation liegt wieder die ganze Psychologie beschlossen, mit maskierenden Worten zugedeckt, so etwa wie nach den mythologischen Forschungen im christlichen Pantheon auch Jupiter, Isis und Buddha, Wodan, Baldur, Thor und Freia thronen, maskiert als Gottvater, als Maria, als St. Josaphat, als Christus, St. Leonhard, Florian und St. Olaf, der Norweger.



Die Keimung von Spirogyra jugalis.
1 = ruhende Zygote kurz vor der Keimung. 2 = Keimung. 3 = junge Pflanze, in der bereits Zellteilungen einsetzen und deren unterste Zelle einen „Wurzelfortsatz" aussendet. (Nach *Pringsheim*).

Um diesen Abschnitt nicht über Gebühr zu verlängern, soll nur noch einer Erscheinung aus dem Leben der Zygnemaceen gedacht werden, die ohne die von uns vertretene Anschauung ganz undeutbar ist. Wenn die Gräben rasch austrocknen, bilden die in ihnen schwimmenden Jochfäden *Akineten*, d. h. Dauerzellen. Der Zellinhalt häuft Fett und Stärke, zieht sich zusammen, scheidet dicke Haut und noch mehr Gallerte aus. Oft (*Zygnema*) wird die Stärke in Öl übergeführt und die Spore besonders leicht gemacht. Warum tut dies die Pflanze? Niemand vermag darauf anders zu antworten, als daß wohl der Reiz der durch das Eintrocknen des Wassers sich verdickenden Salze in den Zellen ein Schutzbedürfnis erzeugt, aus dessen Empfinden sie Reservestoffe zur Aufrechterhaltung des Stoffwechsels, Häute zum mechanischen Schutz, Gallerte zum Schutz gegen das Austrocknen herstellen und Öl, um sich leicht zu machen, damit die Spore besser im Winde fliegt.

War nun, frage ich schließlich wieder, meine Hoffnung zu kühn, daß jenem, der in solcher Weise Bau und Leben dieser bescheidenen Pflänzchen mit Erklärungen und Denkanregungen zu beleben sucht, es wohl gelingen wird, Naturforscher und Naturfreunde mehr zu erwärmen für eine Gruppe von Lebewesen, die durch ihre Massenhaftigkeit und leichte Zugänglichkeit für Beobachtung und Experiment mehr denn andere Gelegenheit geben, sich in das Wesen der Natur bewundernd und lernend zu versenken?

Nur noch einige Worte über die wichtigsten Lebensformen der Jochfäden. Drei Gattungen kann man genau unterscheiden: die Schraubenalge (Spirogyra), den Jochfaden (Zygnema) und Mougeotia. Viele Forscher sondern davon Gattungen wie De Barya, Sirogonium, Staurospermum, Zygogonium, Mesocarpus, Gonatonema ab, was durch Sonderunterschiede in der Konjugationsausführung geboten sein soll. Darüber kann man streiten, auch ob Mougeotia einer besonderen Familie angehören soll (Mesocarpaceae). Noch mehr Streit entzündet sich, wenn einer die Arten bestimmt. In der Natur findet man nicht immer die Fortpflanzungsorgane, die zur Bestimmung unbedingt nötig sind. Mit Kulturen — wozu Anleitung auf S. 217 gegeben wird — läßt sich ja manches erzielen, aber auch sonst sind die angegebenen Artmerkmale sehr problematisch. Danach kann man sich vorstellen, wieviel „Revisionstätigkeit" die Systematiker noch werden entfalten müssen, bis die etwa 80 Spirogyra-, 30 Zygnema- und 30 Mougeotia-Arten, die man beschrieben hat, auf wirklich „artbeständige" Pflanzenformen zurückgeführt sind. Der Mikrologe kann, wenn er nicht Lust hat zu biologischen Versuchen und Beobachtungen, auch ein dankbares Stück Arbeit leisten, wenn er bei solchen Klärungen des Systems mithilft. Es gilt dabei, in Reinkulturen aus der Keimzelle bis zur Keimzelle den ganzen Lebenszyklus und durch Abänderung der Kulturbedingungen die Variabilität der einzelnen Arten zu erforschen, um dadurch „beständige Merkmale" von Anpassungsmerkmalen zu trennen. Besonders erschwert wird solches hier allerdings dadurch, daß man zwischen scheinbar verschiedenen Arten eine Kreuzung, d. h. geschlechtliche Vermischung beobachtet hat.

Dem Floristen werden in kalkhaltigen Gewässern am häufigsten die Mougeotien aufstoßen, die sich manchmal in Tümpeln und überschwemmten Wiesen so vermehren, daß nach dem Austrocknen bleiche, dichte Filze und Gespinste übrigbleiben, deren Herkunft sehr geheimnisvoll scheint. Häufig sind große, breite Arten (M. genouflexa Ag., die aber selten fruktifiziert, M. laetevirens Wittr.) beisammen mit kleinen, zierlichen (M. parvula Hass), die auch im Plankton mancher Seen vorkommen. Zygnema hat einige häufige Arten (Z. pectinatum [Vauch.] Ag., Z. stellatum Ag., Z. cruciatum Ag.) in allen stehenden Gewässern; die Spirogyra-Arten unterscheidet man, je nachdem, ob ihre Zellhaut an den Querwänden eine Ringfalte hat (z. B. S. Weberi Kg.) oder nicht, in welch letzterem Fall die Zahl der Blattgrünbänder (Sp. longata Kg., Sp. quinina Kg., Sp. affinis Pet. haben nur eines, Sp. decimina Kg. hat zwei, Sp. nitida Lk., Sp. orbicularis Kg. hat 3—4), die Form der Zygoten und derlei mehr als Merkmal dienen. Es gibt Schraubenalgen, die sehr dünn (Sp. tenuissima Kg. nur etwa 8—11 μ dick), und welche, die dick (Sp. crassa Kg. ist 120—150 μ dick) wie ein Zwirnfaden sind, und oft sind in einem Gewässer ein halbes Dutzend Arten in dichtem Gemenge. Daraus ermesse man die Schwierigkeiten ihrer genauen Bestimmung.

„Praktischen" Nutzen gewähren sie nicht, außer es rät ein altes Mütterlein, eine Algenwatte auf den verbrannten Finger zu legen. Denn das ist alles, was das Volk über sie weiß.

Und auch wir sind am Ende unserer Betrachtung. Ich wollte in dem Abschnitt eines sauber herausarbeiten, nämlich, daß die Jochalgen, Zierdinge sowohl wie Jochfäden

ein hervorragender Gegenstand für Liebhaber sind. Die einen entzücken, die anderen belehren. Die Beschäftigung mit ihnen ist äußerst sauber (man denke an die Kehrseiten der Schmetterlings- oder Käferliebhaberei), sie erzieht zum Künstlerischen und leitet an, über das Leben nachzudenken. Sie ist in einem wesentlichen Punkte ein gesunder Gegensatz zur herrschenden Kieselalgenvorliebe. Denn der Jochalgenkenner muß auch als Florist eingehende Kenntnis aller Lebenserscheinungen erwerben.

Daher sind diese Juwelen des Algenreiches der empfehlenswerteste Gegenstand für den Amateur und den jungen Gelehrten, die sich ein „Fach" wählen wollen. Beide haben ein Leben lang daran zu tun. Wenn es mir gelungen ist, davon zu überzeugen, dann ist die besondere Mühe bezahlt, die ich auf dieses Kapitel aufgewandt habe.

Empfehlenswerte Hauptschriften über Desmidiaceen und Zygnemaceen.

(Soweit nicht im Text zitiert.)

Die grundlegenden Werke sind (außer Ehrenberg, Migula, Oltmanns, Wille):

1. J. Ralfs, The British Desmidieae. London 1848. (Viele Tafeln.)
2. C. v. Nägeli, Gattungen einzelliger Algen. Zürich 1849.
3. A. De Bary, Untersuchungen über die Familie der Konjugaten. Leipzig 1859.

Neuere Hauptwerke sind:

4. F. Wolle, Desmids of the United States. Betlehem 1884. (Mit vielen Tafeln.)
5. P. Hauptfleisch, Zellmembran und Hüllgallerte der Desmidiaceen. Greifswald 1888.
6. H. Klebahn, Studien über Zygoten I. Keimung von Closterium und Cosmarium. (Pringsheim, Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik. Bd. 22.)
7. G. Klebs, Über die Formen einiger Gattungen der Desmidiaceen Ostpreußens. Königsberg. 1879.
8. C. F. Nordstedt, Index Desmidiacearum. Berlin 1896. (Ganze Literatur.)
9. J. Lütkemüller, Die Zellmembran der Desmidiaceen. (Beiträge zur Biologie der Pflanzen. 1902.)
10. P. Petit, Spirogyra des environs de Paris. Paris. 1880. (Viele schöne Bilder.)
11. W. et G. S. West, A Monograph of the British Desmidiaceae. Vol. I—II. London 1904—1905. (Allumfassendes Werk.)

Konstanz.

Die Grünalgen (Chlorophyceen).

Konstanz am Bodensee. Voll und reich wie der Klang des Namens, ist auch der Begriff, der sich daran knüpft. Freilich für die bekannt gedankenlose Art der modernen Reisen bedeutet Konstanz nur die Pforte der Schweiz, einen „Knotenpunkt", von dem man an den Rheinfall fährt, um ihn durch die gelben und roten und blauen Gläser des Pavillons mit kindischem Vergnügen zu betrachten. Man ist schon Ausnahme, wenn man etwas fühlt von der Ironie der Weltgeschichte, die da ein- und ausging zwischen dem Münster und der unscheinbaren Herberge am Schnetztor, wo noch immer eine Fratze des Hasses zu sehen, als Spottafel, die den Magister Gans verhöhnt. Er, den seine Landsleute den Hus nannten, rettete das Konstanzer Konzil vor der Vergessenheit, weil er als lebende Fackel des auf sein Recht pochenden Menschenverstandes den Weg des Fortschrittes beleuchtet. 83 Könige und Fürsten huldigten dort dem Papste, 5 Patriarchen und 33 Kardinäle, 47 Erzbischöfe, 145 Bischöfe und 500 geistliche Fürsten waren da; 37 Universitäten hatten 2000 Gesandte geschickt und die Reichsstädte 472. 39 Herzöge, 142 Grafen, 71 Barone, 20000 Edelleute und Ritter hatten sich eingefunden, um die vorhandenen tiefen Schäden der Kirche zu heilen. So sagt der Chronist. Die ganze Macht und das Wissen der abendländischen Welt hatte sich ein Stelldichein gegeben, wie es vordem und nachdem nicht mehr da war. Das alles jedoch wäre ein Nichts, eine vergessene lächerliche Zeremonie ohne den armen Schelm von Magister gewesen, den sie dort verbrannten (am 6. Juli 1415), weil er seiner Welt zu trotzen wagte, und der doch die „Sancta simplicitas" besiegt hat, weil sein Geist nicht gestorben ist. Das ist der Witz der Weltgeschichte, aus dem wir so viel lernen könnten, wenn man schon soweit wäre, Geschichte zum Lernen zu benützen. . . . .

Aber auch dieses Konstanz des Mittelalters erschöpft nicht alles, was sich dort genießen und erwerben läßt. Wenn einst unsere Reisebücher es verschmähen werden, ihr Publikum nur mit „Kunst" und „Kuriositäten" zu füttern, wenn sie den Reisenden nicht

mehr in jeder Stadt, in jedem Land am Wissenswertesten und Schönsten blind vorbeiführen, weil man „laut Baedeker" in Konstanz Kirchen, holzgeschnitzte Altäre, Grabsteine, Chorstühle, Heiligenbilder und den „Fleck" zu sehen hat, auf dem „nach der Sage" Hus stand, als ihn das Konzil verurteilte, — wenn diese ganze künstliche Dummheit der guten Gesellschaft als alberne Maske endlich einmal abgeworfen ist, und man nicht mehr so tut, als ob die Welt noch immer nur der Vergangenheit zuliebe lebte, als ob nicht schon lange gereifte Naturkenntnis allenthalben tausend neue Schönheiten und Besonderheiten entdeckt und eine großartige Technik überall neue Kunstwerke und Wunder errichtet hätte — dann wird der Reisende in Konstanz vor allem an eine Stelle eilen, die das Ehrwürdigste und Belehrendste, auch zugleich das Interessanteste einschließt, was sich in weiten Landen auftreiben läßt. Man wird dann zuerst in das alte Zunfthaus zum Rosgarten gehen, denn dort ist in einzigartigen Sammlungen die Urgeschichte des europäischen Menschen so trefflich aufgeschlossen, daß Konstanz darob verdiente, zum Wallfahrtsort aller Gebildeten zu werden.

Ernste und großartige Bilder nimmt man mit aus dem düsteren Saal, in dem die Funde aus den Höhlenwohnungen und Pfahlbaudörfern liegen, die vor vielen Jahrtausenden den Bodensee in dichter Folge besetzt hatten. Der Mensch, der im Keßlerloch zu Thaingen auf Renntierknochen die Bilder der ihn umgebenden Tiere, des Höhlenpferdes, des Renntiers, der Urhirsche und Schweine so naturwahr eingrub, und die Ornamente des Schmuckes aus Kohle, den diese tief unter die Erde versunkenen Reste der Vorzeit wiedergaben, er hinterließ uns Kulturdokumente von unschätzbarem Werte. Sie sollten uns kostbarer sein als der Kohinur. Die Nephritwerkzeuge und Steinwaffen, die Tongeschirre und Beingeräte, die Fetzen uralter Kleider und Gewichte urzeitlicher Webstühle, die Näpfchen mit verkohltem Brot und Getreide, die aus den Gräbern wiederkamen und da fahl wie Asche, wie Gespenster der Pfahlbauzeit am Tage wandeln, sie rühren in ihrer kindlichen Einfachheit und flößen echte Ehrfurcht ein vor dem armen Halbtier, das schon mit so viel Erfindung, mit Denken und einem unbeholfenen Kunsttrieb sein unsäglich mühsames Leben zu verschönern suchte. Und wenn es nicht anders ging, als daß der Urmensch in seinen Napf die Fingernägel einkerbte, damit er gefällig sei und vielleicht ein Herz erobere, nach dessen Liebe er sich sehnte. Der Tonscherben mit dem blassen Band von Fingereindrücken des Steinzeitmenschen — welch echte Reliquie ist das und welche Gemütswerte schließt sie ein!

Da haben wir nun den Anfang eines Fadens erfaßt, der zu den Neugedanken einer ungeahnten Wissenschaft führt, die sich in unseren Tagen bildet aus dem Zwiegespräch, das Menschenforscher und Naturforscher zwar noch zaghaft, aber immer öfter miteinander halten. Sie haben sich unendlich viel zu sagen. Und an diesem neuen Wissen hat auch der Pflanzenforscher mitzubauen — ja, gerade er trägt Steine für Fundamente und Unterwölbungen herzu, auf denen alles andere ruht.

In einen Satz zusammengedrängt, heißt das: Eine neue Wissenschaft entsteht daraus, daß die Urgeschichtsforscher und die mit ihnen verbündeten Soziologen in der Geschichte des Menschen immer wieder biologische Gesetze finden. *Der Gang der Kulturgeschichte wiederholt im großen die Morphologie, die Physiologie und die Pathologie der Zellenstaaten. Die natürlichen Lebensgesetze sind auch die sozialen Lebensgesetze.* Parallell laufen Menschengeschichte und Lebens-

(Scenedesmus), der Wasserfaden (Conferva), das Zackenrädchen (Pediastrum), die Kugelalge (Volvox), Codium, die Draparnaldie (Draparnaldia), die Algengattung Chladophora, der Meersalat (Ulva), die Sonnenschirmalge (Acetabularia) des Mittelmeeres, die Armleuchteralge (Chara), der Schlauchfaden (Vaucheria) und die Blattpflanzenalge (Caulerpa). So trocken es auch ist, diese Liste muß man lernen* und Gelegenheit suchen, diese Wesen in der Natur kennen zu lernen. Um es zu erleichtern, soll hier kurz eine Anleitung dazu geboten werden. Den größeren Teil der genannten Algen und der Grünalgen überhaupt kann man in den Weihern und Gräben unserer Heimat erbeuten. Chlamydomonas und seine Verwandten sind in austrocknenden lehmigen Lachen und Regenfässern heimisch, Sphaerella ist seltener in Wasserlöchern auf Felsen, manchmal auch in Pfützen, Pediastrum, Wasserfäden, Cladophoren, Coelastrum, Scenedesmus und ihre Sippschaft sind in allen Weihern, Sümpfen, Moorgräben gemein, der Schlauchfaden auf feuchter Erde, die Draparnaldie in moorigen Gewässern. In Gräben wirbelt der Volvox, und am Grunde der Teiche wächst überall der Armleuchter-Rasen. Schwieriger schon ist es, der grünen Tange habhaft zu werden. Die Ulven, Codium und andere Grüntange sind in den gemäßigten Meeren an Steinen und Balken verbreitet, andere in tropischen und fernen Meeren (so Caulerpa), die ersteren auch in Brackwasser; wo man sie nicht findet, bieten Enteromorpha oder Monostroma leicht dieselbe Belehrung. Acetabularia mediterranea Lamx. kann man freilich nur im Mittelmeer, von Triest und Dalmatien bis Neapel und an den Rivieren zu sehen bekommen, aber da allenthalben reichlich. Ihre Wiedererkennung erhoffe ich von der Güte der Abbildungen, die von sämtlichen hier zu finden sind.

Betrachtet man diese Gestalten, so muß man sich verwundert fragen: wie konnte man es doch nur wagen, so abweichende Formen, wie das mikroskopisch kleine, mit seinen Geißeln tanzende Panzermonadchen mit dem poetischen Stern der Zackenrädchen mit einer so ansehnlichen Blattpflanze nach Art des Meersalates oder gar mit der prächtigen, dezimeterhohen schachtelhalmartigen Charapflanze unter einen Hut zu bringen?

Das hat auch seine große Schwierigkeiten, und es ist keine rhetorische Übertreibung, wenn man sagt, es gebe wohl nicht zwei Fachleute, die über den Umfang des Grünalgenbegriffes einig seien. Dieser Begriff ist eben ein unnatürlicher, ein systematisches Magazin, worin man aus Verlegenheit alles unterbringt, was sonst im Wege stehen würde. Statt einer Beweisführung lasse ich einfach die vorhandenen Systeme reden.

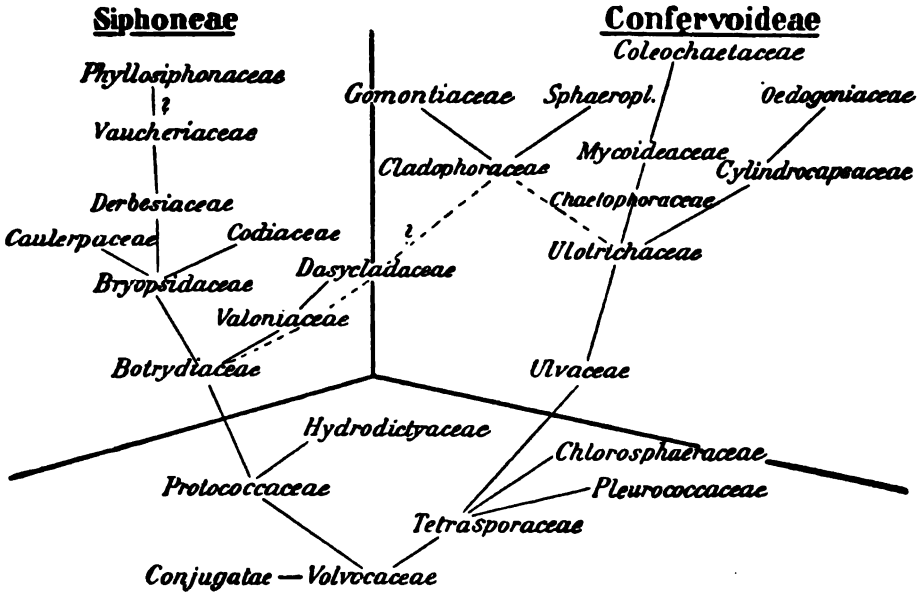
Nägeli hat im Jahre 1849 im Anschluß an Kützing die Vaucherien, Caulerpa, Codiumarten mit Scenedesmus und Pediastrum und Kieselalgen und Desmidien als einzellige Algen zusammengeworfen und die Volvocineen als Tiere ausgestoßen. Freilich kannte man damals die Natur der einzelnen Wesen noch wenig.

In dem berühmten Lehrbuch von Prantl-Pax werden 1904 dem System von A. Engler folgend, unter Chlorophyceae zusammengefaßt als Protococcales: die Volvocineen, Pleurococcaceen, Protococcaceen, Hydrodictyaceen,

* Es sei damit durchaus nicht gesagt, daß sie die einzigen Beispiele sind, an denen man diese Gedankengänge durchführen kann. Sie sind nur typische Vertreter der verschiedenen „Entwicklungsformen", bei deren Auswahl eben praktische Erwägungen (Häufigkeit, usw.) maßgeblich waren.

als Confervales: die Ulvaceen, Ulothrichaceen, Chaetophoraceen, Oedogoniaceen, Coleochaetaceen, Sphaeropleaceen, Cladophoraceen, als Siphoneen: die Botrydiaceen, Vaucheriaceen, Caulerpaceen, Codiaceen, Dasycladiaceen. Und die Armleuchtergewächse (Charales) werden als ebenbürtiger Zweig den Grünalgen gegenübergestellt.

N. Wille gibt in seiner großzügigen Bearbeitung der Algen in Engler-Prantls natürlichen Pflanzenfamilien folgenden Stammbaum der Grünalgen, der auch die Characeen ausstoßen will.



R. Chodat, der die Grünalgen der Schweiz in einem besonderen schönen Werke bearbeitet hat, teilt sie ein in Pleurococcoideen und Chroolepoideen. Zu den ersteren gehören die Familien der Palmellaceen, Volvocaceen, Gymnomonaden, Protococcaceen [worunter zu verstehen sind: Euprotokokkaceen, Pediastreen, Characien, Endosphären], Chaetopeltidaceen, Ulvaceen, Ulothrichiaceen, Pleurococcaceen, Chaetophoraceen, Coleochaetaceen und Schizogoniaceen. Zur zweiten Gruppe rechnet er nur die Trentepohliaceen.

Fr. Oltmanns, der neueste Bearbeiter der Algen, zerlegt die Chlorophyceen in fünf große Gruppen, als da sind Volvocales, Protococcales, Ulotrichales, Siphonacladiales, Siphonales.

Also soviel Autoren, soviel Systeme, soviel andere Gruppen und Behauptungen. Und dabei sollte man wohl noch Kützing, die Einteilung in Rabenhorsts berühmter Kryptogamenflora, Lotsys neuestes Werk und manches andere zu Worte kommen lassen.

Da man, wie daraus zu sehen, über das System nichts Sicheres, noch viel weniger aber über die Eigenschaften der meisten Grünalgen weiß, so wollen wir in diesem Abschnitt die monographische Darstellung verlassen, um bloß die wichtigsten Vertreter einfach in kurzen Beschreibungen vorzuführen.

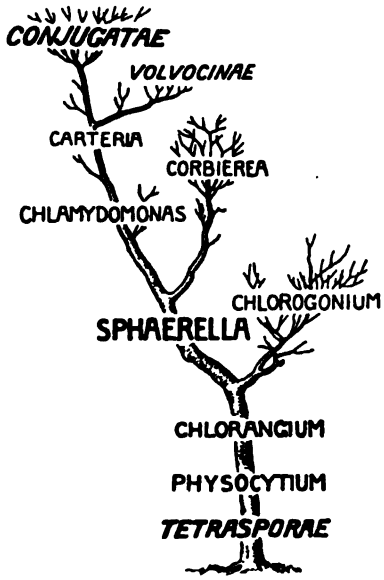
Da es jedoch schon einmal üblich ist, alle Beschreibungen der lebenden Wesen in den Rahmen eines Schematismus von Reihen, Familien, Ordnungen und Klassen einzuengen, müssen wir uns bequemen, auch bei der Unvollkommenheit der Kenntnisse eine möglichst natürliche Reihenfolge einzuhalten, was nämlich der sinnvolle aber gerade am wenigsten berührte Kern der systematischen Streitigkeiten ist. Ah, sagen nun erfreut die Linnéisten, er muß sich also widersprechen und trotz seiner Abneigung gegen die Systematiker nun selbst den Fußspuren des von ihm so oft verlästerten Linné nachstapfen. Aber nur gemach. Es ist bei mangelndem guten Willen stets leicht, dem Gegner das Wort im Munde umzudrehen. Um das ein wenig zu erschweren, soll hier ausdrücklich festgestellt werden, daß mir niemals beigefallen ist zu leugnen, Linné bedeute einen gewaltigen Fortschritt gegen jene seiner Vorgänger, die wie der gute Doktor Fuchsius (ehrlicherweise hieß der Mann Fuchs) die Pflanzen in alphabetischer Reihe abhandelten, oder wie Hieronymus Tragus (= Bock) sie in Kräuter, Sträucher und Bäume einteilten. Dagegen kann auch niemand leugnen, daß Linnés einseitig auf Zahl und Lage der Geschlechtsteile begründete Einteilung ein Rückschritt war gegen viel ältere Vorgänger wie Lobelius, Ray und namentlich Caspar Bauhin, der von dem prachtvoll natürlichen Gedanken ausging, die wahre Reihe der Pflanzen hänge von dem Grade ihrer Vollkommenheit ab. Und die Erfahrung der gewichtigsten Schulmänner gibt mir recht, wenn ich das Wort unterschreibe, das der treffliche Kienitz-Gerloff in seiner „Methodik des botanischen Unterrichtes“ im Jahre 1904 sagte: „es gibt gar kein besseres Mittel, den Sinn für natürliche Verwandtschaft der Pflanzen zu ertöten, als daß man sie nach dem Linnéschen System gruppiert.“ Dieses System hat nun freilich seine buchstäbliche Anwendung als Rechenknecht des Botanikers verloren, aber sein Geist, dieser den Sinn für natürliches Denken ertötende Geist, er ist in der Pflanzenkunde breit und mächtig hocken geblieben und stört noch immer ihre gesunde Entwicklung. Und da wagt man es jemandem zu verdenken, daß er diesen Geist vertreiben will! Diesen Geist versteht man, wenn man mit gewissen Systematikern, in denen er sich am reinsten und häufigsten erhielt, nicht einverstanden ist — nicht aber das nützliche und unentbehrliche Streben nach einer Anordnung, die den Werdegang der Pflanzenwelt dem Sinne anschaulich macht. Daß ich gegen diesen neuen Geist der Systematik kämpfe, unterschiebt diesem Werke nur Mißgunst, und sie hat es nach solcher Eskamotage freilich leicht, mit dem Brustton der Überzeugung Francés „Leben der Pflanze“ festzunageln als ein Buch, das einseitig gehässig womöglich alle systematische Arbeit negiere.

Der natürlich denkende Systematiker von Heute betreibt aber nicht historisch-philologische Studien, um Prioritätsfragen, d. h. die hochwichtige Frage zu entscheiden, welchem Namengeber für eine Pflanze mehr Recht zuzusprechen sei — sondern er betreibt anatomisch-physiologische Untersuchungen, vor allem entwicklungsgeschichtliche Forschungen und Kulturversuche; er fördert das ganze Wissen um das Pflanzenleben,

um daraus der Einzelpflanze Artbeständigkeit, ihren Ursprung und ihre natürliche Eingliederung in den Stammbaum zu erfahren.

Und weil dies im Kreise der Grünalgen erst sehr lückenhaft geleistet wurde, dünkt es dem Lebensforscher von geringem Werte und als vergebliche Mühe, sich schon jetzt um Einzelheiten eines Systems der Grünalgen zu bekümmern.

Man mache sich also von vornherein bewußt, daß es sehr problematischen Wert hat zu sagen: Man kann die Grünalgen in 6 Gruppen gliedern: in Urkugeln (Protococcales), Kugelalgen (Volvocales), Fadenalgen (Ulothrichales), Schlauchalgen (Siphonales), verzweigte Schlauchalgen (Siphonocladiales) und Armleuchtergewächse (Charales). Welchen „systematischen" Wert diese Gruppen haben, was innerhalb ihrer als Ordnung, Familie, Tribus; Unterfamilie, Sektion, und wie die linnéistischen „Termini" sonst noch lauten, zu bezeichnen ist — schon wieder ein „Löcken wider den Stachel" eines sinnlos gewordenen Herkommens! — scheint mir ziemlich gleichgültig. Warum? Weil dieses Verschnüren in Begriffspakete für den Entwicklungssystematiker — wie ich den neuen Typ der Forscher am liebsten benennen möchte — sozusagen sinnlos ist und allein Wert für das „Übersichtlicherwerden" hat. Denn man bedenke doch, daß es, unter dem Gesichtspunkte der Stammesentwicklung gesehen, nirgends Grenzen zwischen den lebenden Wesen, wohl aber von jeder lebenden Form hundert Übergänge und Fäden zu einer Menge andersgeformter gibt, die in immer weniger Eigenschaften mit der als Ausgangspunkt dienenden Pflanze übereinstimmen. Eine gewisse „Familie" ist also da; was man aber noch dazurechnen will, wie weit der erste und der zweite und die folgenden Kreise der Übereinstimmungen zu ziehen sind, darüber kann man unendlich streiten. Ein Beispiel mag den Sachverhalt erklären.



Stammbaum der Chlamydomonaden.

Vor 15 Jahren war ich auch noch in der Denkungsart der alten Systematik befangen*, die in den Familien, Unterordnungen, Ordnungen und Klassen der Wirklichkeit entsprechende Wesenheiten sieht, und habe mich damals weidlich abgeplagt, diese überlebten Begriffe, die wir von Linné übernommen haben**, mit der Idee eines

* Man kann mir also vorwerfen, ich hätte früher anders gesprochen als jetzt. Und man hat mich auch wirklich mit Zitaten aus meinen früheren Schriften zu widerlegen versucht. Man wirft mir also vor, daß ich lerne und in dem Verständnis der Natur nicht stehen bleibe! Das sagt genug.

** Bei ihm und im Geiste einer Naturwissenschaft, die an „seit Adams Zeiten geschaffenen Arten" festhält, ist ein solches Schema allerdings natürlich — um so inkonsequenter ist es von uns, die von dem Fluß aller Arten und Gattungen überzeugt sind, unser Denken mit solchen aus überwundenem Geiste gezeugten Begriffen zu belasten.

„natürlichen Stammbaumes der Pflanzen" zu vereinigen. Ich hielt im Jahre 1892 in der naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Budapest einen Vortrag, in dem ich vorstehenden Stammbaum der Familie der Panzermonaden (Chlamydomonaden) an die Tafel malte:

Man sieht daraus so recht deutlich, wie sinnlos die Zusammenfassung in verschiedene Gruppen bereits ist. Tetrasporeen sind eine Familie, Chlamydomonaden sind auch eine Familie, Volvocineen sind eine Familie und Konjugaten sind wieder eine ganz andere Ordnung. Wo findet man aber an diesem Stammbaume, der sich durch Eigenschaftsvergleichung errichten ließ, die Grenzen, die Überordnung, den Anhaltspunkt, ob Chlorangium bereits zu den Panzermonaden gehört oder noch zu den Tetrasporen? usw. Und ein solches Netz von Beziehungen verspinnt alle Grünalgen, alle Algen, alle Pilze, alle niederen und höheren Pflanzen, und wo noch scharfe Grenzen zwischen Gruppen sind, werden sie durch mehr Forschen von Jahr zu Jahr auch mehr verwischt. — Das ist der Tatbestand. Sieht man nun ein, warum es Zeitvergeudung wäre, hier säuberlich „Familien" und was drum und dran hängt, auszuklauben und Grenzen zu ziehen, wo Natur keine zieht? Oder gar um solche Grenzen zu streiten?

Damit ist die Erläuterung der systematischen Grundbegriffe (außer jener der „Art", die an anderer passender Stelle eingeflochten wird) für uns erledigt, und man wird verstehen, in welchem Sinne nun von solchen systematischen Gruppen, die ja (was hervorgehoben werden soll) zur praktischen Einteilung nützlich sind, gesprochen wird. Damit stellt sich die Gruppe der

Urkugeln (Protococcales)

vor. Seitdem die Väter der Phykologie die ersten Algen beschrieben haben, ist mit der Bezeichnung Urkugeln bis heute eine wahre Trödelbude von Lebensformen eröffnet worden, in der man den grünen Anflug, der im Herbst und Winter alle Baumstämme an der Wetterseite überzieht, die schönsten einzelligen Algen und ein so hochorganisiertes Gebilde, wie es das Wassernetz (Hydrodictyon) ist, mit Seelenruhe zusammenwirft. Kützing, der sehr viele solcher einfacher Grünalgen beschrieb, hat eine unsägliche Verwirrung damit angestiftet, daß er bei dieser Gelegenheit nicht nur das Unmögliche an Artspalterei leistete, sondern auch die Umwandlung niederer Algenformen in Tiere und höhere Pflanzen (namentlich Moose) verkündete. Uns mutet solches höchst ungereimt an, aber es wäre ungerecht zu vergessen, daß diese alten Naturforscher, die redlich und einfach alles mitteilten, was sie sahen, sehr vielen Täuschungen durch die Natur der Dinge ausgesetzt waren. Bevor man Schwärmsporen kannte, war es nur vernunftgemäß, daß man an eine Verwandlung in Tiere dachte, wenn so eine Algenzelle auf einmal aufplatzte und hurtig davonschwamm. Und da die ersten Entwicklungsstufen der Moose wirklich völlig algenartig sind und mit Algen untermischt vorkommen, so waren Verwechslungen höchst naheliegend. Was aber die behauptete Umwandlung der einen Alge in die andere betrifft, so sind die Akten darüber noch heute nicht abgeschlossen.

Schon bei den Spaltalgen (vergl. S. 152) begann der Zweifel, ob nicht die einzelligen nur zerfallene Fäden sind; die vielgenannten Palmellaceen und Pleurococcaceen sind von Anfang an nicht über diesen Zweifel erhaben gewesen. Die Natur-

forscher streiten darüber aus Leibeskräften. Rubriziert ist dieser Streit unter dem Titel: Polymorphismus (Vielgestaltigkeit) der Algen.

Da man der Sache in allen Algenwerken begegnet, soll hier ihr Wesen erörtert werden.

Der russische Naturforscher Cienkowski kam anno 1876 mit der Nachricht, gewisse höhere Fadenalgen (Stigeoclonium, Ulothrix u. a.) könnten ihre Fäden zersprengen, worauf die einzelnen Zellen wie richtige Einzeller in großen Gallerthüllen weiterlebten und in diesem Zustand schon längst als einzellige Urkugeln beschrieben worden seien. Namentlich die Gattung Palmella und ihre Verwandten gehörten in den Lebenskreis höherer Algen. Man nannte das seitdem deren Palmella-Stadium.

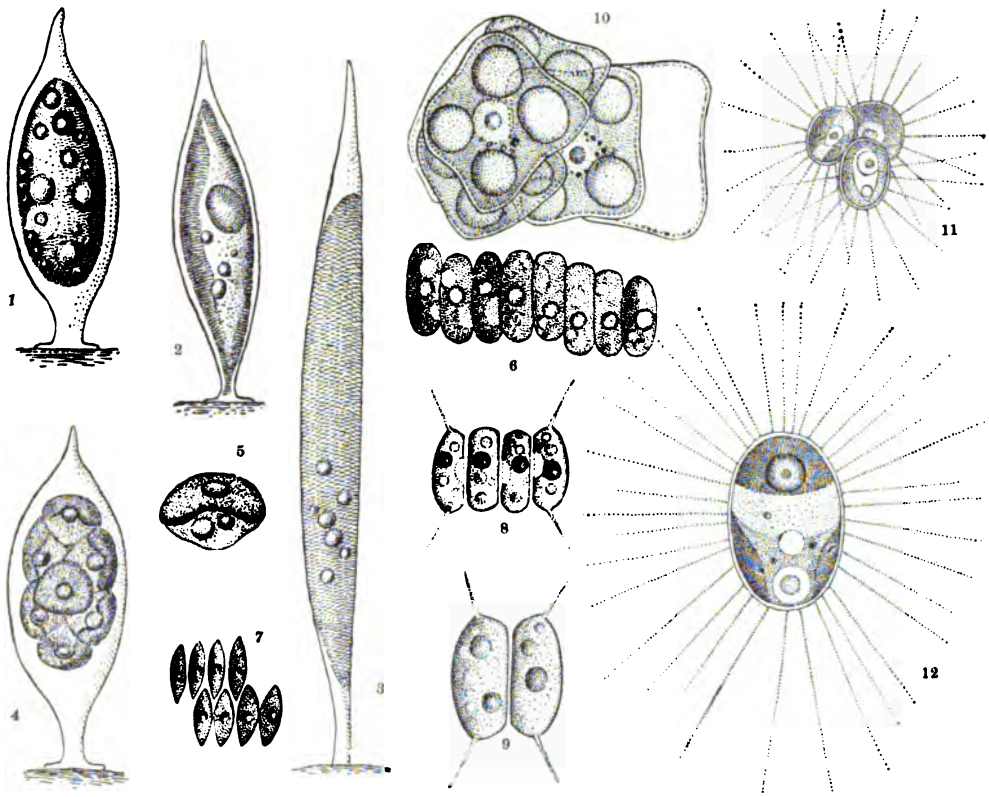
Von da ab begann der Zweifel. Man achtete auf die Lebensgeschichte der einzelnen besser, und bald stellte sich die folgende nette Sachlage ein:

Borzi, einer der berühmtesten der italienischen Algenforscher, fordert, daß man auf Grund seiner Kulturversuche die altbekannten Gattungen Protococcus, Botryococcus, Chlorococcum, Limnodictyon, Physodictyon, Palmella, Tetraspora, Nephrocytium, Trochiscia, Oocystis, Scenedesmus und Raphidium ausstreiche, denn sie alle seien nur Lebensformen eines einzigen Wesens, der Urhaut (Protoderma viride). Raphidium gehört nach dem genannten Forscher aber auch in den Entwicklungskreis der Fadenalge Ulothrix und des Blattanges Prasiola. R. Chodat, der angesehenste Algenforscher der französischen Schweiz, meint wieder, genanntes Raphidium sei bald so geformt, wie die Gattung Scenedesmus (vergl. dazu die Bilder auf S. 232), bald sei sie Protococcus, bald Characium, Dactylococcus, Sciadium, was alles sehr verschiedene und längstbekannte Formen von Urkugeln sind.

Und nun versuche jemand, sich in dieser grenzenlosen Verwirrung zurechtzufinden! Es erhob sich gegen diese Anschauung namentlich von deutscher Seite zwar bald Widerspruch, und einer der namhaftesten deutschen Algologen, Georg Klebs, hat sich besonders schroff dagegen ausgesprochen; auch hat Chodat in manchem seine Behauptungen gemildert. Trotzdem beginnt der Weg der Wissenschaft nun ihm recht zu geben insofern, als man sich von gar mancher liebgewordenen alten „Palmellaceenform“ als selbständiger Gattung trennen mußte. So sind nun einmütig die Gattungen Palmella, Stichococcus, Cystococcus, Protococcus, Trochiscia und manche andere gestrichen werden; Oocardium hat man bei näherem Zusehen als Zieralge erkannt, Mischococcus, Tetraspora, Sciadium, Ophiocytium mußten anderen Gruppen angegliedert werden, und so zerfällt langsam aber stetig das einst große Reich der Urkugeln, auch ohne daß die Polymorphiefrage schon gelöst wäre. Was ist also das Endergebnis?

Wenn man diesen Abschnitt etwa im Jahre 1937 nachliest, wird man ihn mit demselben verwunderten Auge betrachten, wie wir die Phantasien Kützings, und wird es unbegreiflich finden, warum denn diese Menschen des Jahrhundertbeginns nicht Reinkulturen angelegt haben, um einem so beschämenden Zustand von Unkenntnis auf beste Art zu entgehen. In der Bakteriologie würde jeder ausgelacht, der Arten ohne Reinzüchtung feststellen wollte, und in dem gleich schwierigen Gebiet der Algenkunde behilft man sich noch immer mit solcher Pfuscherarbeit! Woher kommt das? Antwort: Das liebe Herkommen verrammt wieder einmal die Aussicht.

Wenn ein Jünger der Pflanzenkunde, der Zeit und Gelegenheit zu den notwendigsten Anschaffungen und Lust zur Algenforschung hat, etwas besonders Nützliches tun will, so lege er auf viele Generationen ausgedehnte Reinkulturen des so heißumstrittenen Zackenbandes (Scenedesmus), von Raphidium, Pleurococcus,



Die wichtigsten Formen der Urkugeln (Protokokkoideen).
1—5 = Characium-Arten. 1—2 = Ch. subulatum A. Br. 3 = Ch. Sieboldii. 4—5 = Sporenbildung. 6 = Eine Spore stärker vergrößert. 6—9 = Zackenband- (Scenedesmus) Arten. 6 = Sc. obtusus Mey. 7 = Sc. acutus. 8—9 = Sc. quadricauda. 10 = Polyedrium tetragonum in Vermehrung. 11—12 = Francéia radiata. 12 = Einzelzelle stärker vergrößert. (Sämtlich Originale des Verfassers.) Stark vergr.

Chlorococcum, Characium, Golenkinia, Dictyosphaerium u. s. w. an, die ja überall in stehenden Gewässern zu finden sind. Freilich muß er Ausdauer bekunden, er darf es an ununterbrochenen Beobachtungen der Kulturen nicht fehlen lassen, und außerdem muß er die Lebensbedingungen seiner Versuchsobjekte experimentell prüfen. Einen Vorläufer, der ihm zeigt, wie man es macht, findet er an dem Holländer Beyerinck, der die grünen Anflüge an den Bäumen durch solche Kulturen studierte, die er nach der bekannten Bakterienmethode ausführte. Auch in dem Werke von Klebs über die Fortpflanzungsbedingungen der Algen findet er Winke.* Klebs arbeitet so: Er nimmt einige Zellen der zu untersuchenden Art in eine Nährlösung von 0,2—0,4 % (Rezept S. 217) und stellt sie ans Licht. Dadurch wachsen Kieselalgen, Schwingfäden,

* Näheres in dem Werke von O. Richter, Die Bedeutung der Reinkultur. Berlin. 1907.

Urkugeln, und Fadenalgen sehr üppig. Mit einer feinen Pipette sucht er dann aus einem Tropfen unter dem Präpariermikroskop passende Zellen heraus und bringt sie in eine sterilisierte Nährlösung. Zur Kultur verwendet er Glasdosen mit übergreifendem Deckel (die bekannten Petrischalen). Dieses Verfahren setzt man von Kultur zu Kultur so lange fort, bis man eine völlige Reinzüchtung erhalten hat. Natürlich müssen alle Geräte so sterilisiert werden, wie es der Bakteriologe gewöhnt ist.

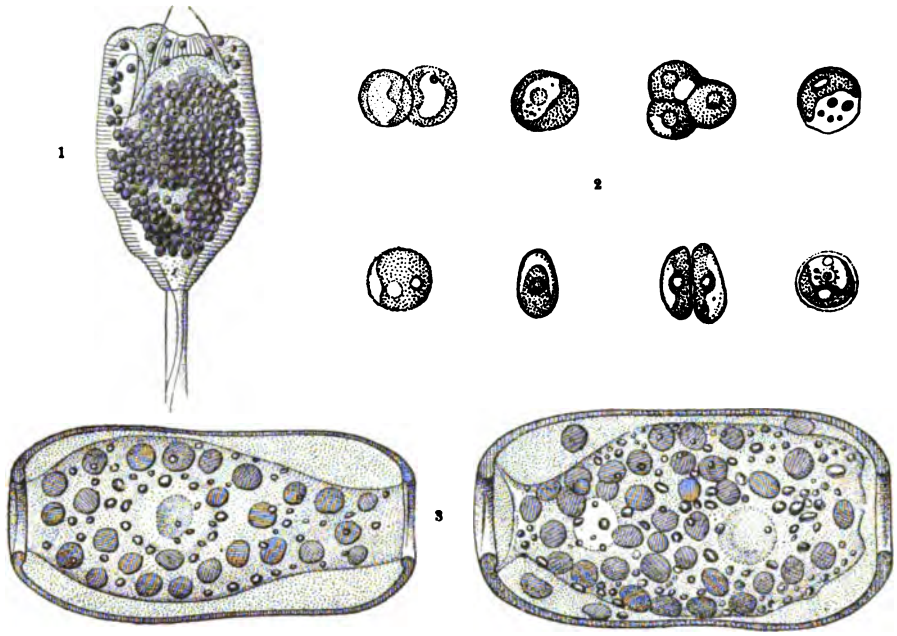
Das ist die Straße, die zur Zukunft führt. Weil man sie in der Gegenwart noch nicht betreten hat, wird man mich wohl der Mühe entheben müssen, künstlich da Ordnung zu schaffen, wo man das Zusammengehörige noch nicht erkennen kann. Man lasse sich vielmehr einfach erzählen, was im Magazin noch lagert. Höchstens will ich den Versuch wagen, mich dem „Formengefühl" anzuvertrauen, das man sich erwirbt, wenn man viele Pflanzen näher kennen lernt, mit dessen Hilfe z. B. die alten Naturforscher, namentlich Bauhin und Tournefort, aber auch Linné selbst (er hat 65 natürliche Gruppen aufgestellt) eine Menge offenkundig zusammenhängender Pflanzenformen lange vor der Entdeckung der Entwicklung der „genetischen Reihen" richtig gruppierten. Mit anderen Worten, in der eigentlichen Algenkunde steht man dort, wo die Kenntnis der Blütepflanzen vor 150 Jahren hielt.

Zweifellos an den Anfang des ganzen Systems gehört das Chaos grüner Algen, das jedem auf Mauern, feucht gehaltenen Blumentöpfen und dem untern Teil von Baumstämmen jederzeit zur Verfügung steht. Je nach der Zeit, in der das Buch entstand, bezeichnen die Werke, in denen mehr darüber zu finden ist, die Alge, um die es sich dabei handelt, als Protococcus, Pleurococcus, Chlorococcum, Cystococcus, Chlorella und mit noch anderen Namen, woraus zu schließen ist, daß sie vielgestaltig sein muß. Im Wesen sind es immer grüne Kugeln, die bald Schleim absondern, bald auch nicht, manchmal gelb und rot werden, sich nach allen Richtungen des Raumes teilen, beisammenbleiben oder auch nicht. Kurz es ist der Chroococcus ins Grüne übersetzt. Und wenn man Pleurococcus vulgaris Menegh. sagt zu allem, was sich auf feuchtem Boden als solches Algenwesen einstellt, begeht man sicher einen Irrtum, weil allerlei Entwicklungsformen anderer Algen sicher dazwischen gestreut sind; aber man irrt auch, wenn man das nicht sicher Unterscheidbare als Chlorococcum oder Chlorosphaera limicola (die auch Schwärmsporen bilden soll, also sicher nicht hergehört), oder als Cystococcus humicola Näg. doch unterscheidet. Also tut man besser, das kleinere Übel zu wählen.

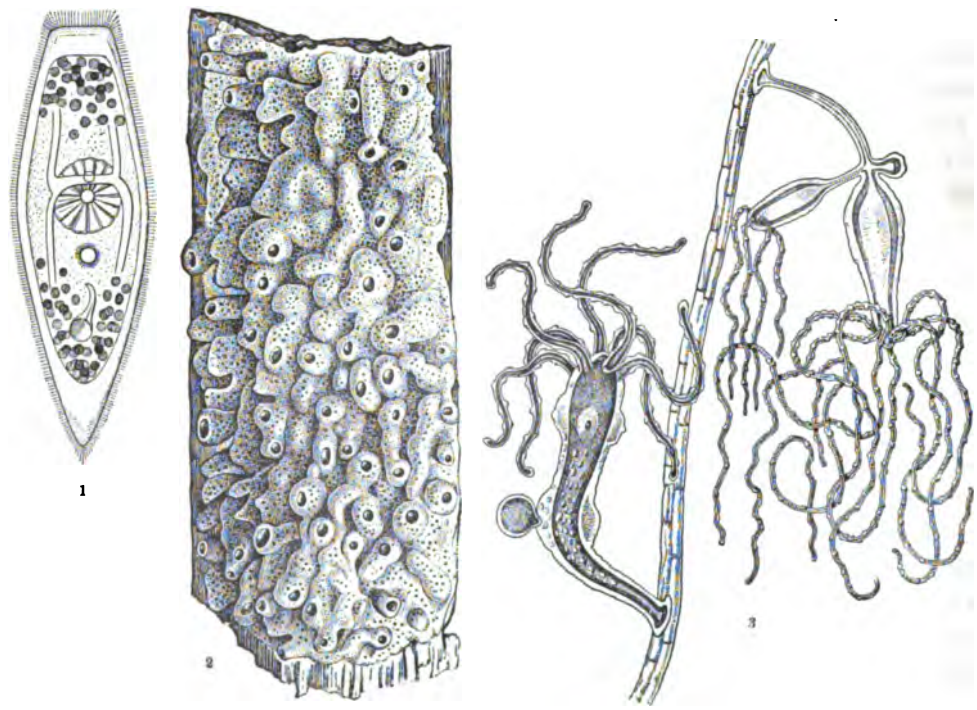
Im Meer bei Neapel, aber auch um Norwegen schwimmt auch so ein Protococcus; nur ist er sehr groß, (1/2 mm Durchmesser) und heißt Halosphaera viridis Schm. (Bild Bd. I, S. 91). Er hat auch Schwärmsporen, die sich in großer Anzahl durch Zerteilung einer Zelle bilden, mit zwei Geißeln herumwirbeln — von deren weiterem Schicksal aber man nichts weiß. Man hat ihm eine besondere Familie eingeräumt, was immer ein Zeichen ist, daß man damit nichts anzufangen versteht.

Das ist aber erst ein Vorspiel für die Verwirrung, in die uns jene Urkugel versetzt, die man gegenwärtig Chlorella nennt. (Vgl. das Bild auf S. 234).

Wer sich zur Gemütsergötzung öfters in die Auen der Wassertropfenwelt versenkt, dem ist es, namentlich in moorigen Gewässern, sicher schon oft aufgefallen, daß da und dort ein schön grasgrünes Tierchen auftaucht, ein Strudelwürmchen (namentlich



1 = Vorticella chlorostigma mit Chlorellen. 2 = Gezüchtete Chlorellazellen. 600fach vergr. 3 = Ditrema (Wurzelfüßler) mit Chlorellen. 500mal vergr. (Originale des Verfassers.)



Chlorophyllhaltige Tiere.

1 = Der Strudelwurm Mesostomum viridatum O. Schm., schwach vergrößert. 2 = Ein Süßwasserschwamm (Ephydatia [Spongilla] Carteri Bow.). 3 = Süßwasserpolypen (Hydra viridis L. und vulgaris Pall.) auf den Wurzeln der Wasserlinse. Schwach vergrößert. (1—2 Originale des Verfassers. 3 = Nach Marshall.)

Mesostomum und Vortex) oder allerlei Wurzelfüßler (Amoeba, Ditrema) oder ein ganzer Schellenbaum zarter Glockentierchen (Vorticella chlorostigma), schöne Sonnentierchen (namentlich Acanthocystis, Heterophrys, Sphaerastrum und Raphidiophrys), viele hurtige Wimpertierchen (besonders Paramaecium Bursaria, Stichotricha, Urostyla, Bursaria, Stentor, Coleps, Holophrya, Enchelys und andere Formen), in deren Körperlein dicht gedrängt eine Menge von Pleurococcus-Zellen, scheinbar lebhaft vegetierend, sitzt. Namentlich zwei Tiere sind durch diese Vegetation in ihrem lebenden Innern sehr berühmt geworden. Das sind der grüne Armpolyp (Hydra viridis) und der grüne Süßwasserschwamm (Spongilla fluviatilis).

Da diese Tiere, wie man an einem Strudelwurm nachwies, im Sonnenlicht 45 bis 55% Sauerstoff abscheiden und ihr grüner Inhalt sich auch chemisch als reines Blattgrün erwies, dachte man kurze Zeit daran, es gebe auch ein „tierisches Chlorophyll"; bald aber sah man ein, daß die Sache einfacher zugeht. Alle diese Ein- und Vielzeller verschlucken Algen; manche davon geraten an eine neutrale Stelle, wo die Verdauungsfermente ihnen nichts anhaben. Dort bleiben sie dann, vermehren sich durch Teilung und erleichtern ihrem Wirte das Leben, indem sie ihn mit Sauerstoff versorgen, ihm in Zeiten der Not aber auch als Reservenahrung dienen. Sie wiederum genießen etwas mehr Schutz, wohl auch stickstoffhaltige Nahrung aus den Stoffwechselschlacken ihres Gastgebers. Man nennt dieses Zusammenleben bekanntlich eine Symbiose, und mancher meint, weil die Sache nun einen Namen hat, sei sie, wie so oft, auch abgetan.

Aber für die Nachdenklichen beginnt erst jetzt die „Frage". Es ist nicht nur das Verhältnis zwischen Wirt und Gast seltsam innig, so daß Hydra z. B. regelmäßig einen Teil der grünen Zellen verspeist, während diese wieder so anhänglich sind, daß sie trotzdem sofort in die Knospen und Eizellen ihres Beherrschers einwandern, wenn er zur Fortpflanzung schreitet. Bei dem Strudelwurm Convoluta bewahren sich beide Teile die Treue, und Pflanze und Tier sterben ab, wenn eine der beiden Ehehälften im Tode vorangeht. Ganz abgesehen von diesen fragwürdigen Dingen muß es doch zum Denken anregen, wieso denn die „grünen" Tiere viel mehr empfindlich sind für das Licht, als ihre farblosen Artgenossen, was man mit Hydra fusca und viridis leicht nachprüfen kann! Und noch eines: woher kommen diese Chlorellen? Warum findet man sie niemals im Wasser, warum stets bereits „verehelicht"? G. Entz, ein ausgezeichneter Kenner dieser Kleinwelt, hat schon vor 25 Jahren in einer im „Biologischen Zentralblatt" erschienenen Abhandlung über das Konsortialverhältnis von Algen und Tieren über seine Erfahrung berichtet, daß die aus zerzupften Trompetentierchen (Stentor) gewonnenen Chlorellen sich wochenlang erhielten und vermehrten. Er sagt darüber: „Allmählich entstand im Umkreise der zerfetzten Stentoren ein lebhaft grüner Hof, welcher sich nach der Lichtseite zu ausdehnte und in welchen nach einigen Tagen Gruppen von einzelligen Algen, namentlich Scenedesmus, Raphidium, Pleurococcus, ferner größere, grüne Zysten, aus welchen Chlamydomonaden und Euglenen ausschwärmten, erschienen; einige grüne Zellen keimten sogar, und es entwickelten sich aus ihnen Fäden einer nicht näher bestimmten Alge. Wiederholte Versuche führten zu demselben Ergebnisse, mit dem Unterschiede, daß bald die eine, bald die andere Form von Algen vorherrschte".

Das ist eine recht glaubwürdige Erklärung, da Chlorellen nur in solchen Tieren vorkommen, welche die genannten Algen zu verschlucken pflegen. Aber Beyerinck, der schon öfters genannte holländische Kleinweltforscher, fand die Angabe in seinen Kulturversuchen nicht bestätigt, und auf seine Autorität gestützt, hat man sie dann auch nicht weiter beachtet, hat aber auch keine Antwort gefunden, wo denn die Chlorellen außerhalb des symbiotischen Lebens stecken, warum sie einmal kontraktile Blasen enthalten, das anderemal nicht, warum es größere und kleinere gibt. Ich habe mich dieser Fragen angenommen, auf den Sachverhalt geachtet und habe gefunden, daß es Sonnentierchen (Acanthocystis-Arten) gibt, die, bevor sie sich einkapseln, ihre „Chlorellen" ausstoßen. Und man findet dann in der stacheligen Hülle, welche die Zyste birgt, häufig allerlei Übergangsstadien zwischen Chlorella und verschiedenen einzelligen Algen, namentlich Scenedesmus, die ich auf S. 234 abbildete. Scenedesmus ist nicht beweglich; wie kommt es also in die geschlossene Stachelzellenhülle hinein, wenn nicht auf die von mir angenommene Weise? Aber nicht genug daran. In meiner Abhandlung, die ich über den Gegenstand in dem Vereinsorgan „Mikrokosmos" der Deutschen mikrologischen Gesellschaft (Bd. I, S. 1—4) veröffentlichte, habe ich folgendes geschrieben: „Gelegentlich eines, ein Jahr lang fortgesetzten Versuches über die Entstehung natürlicher Vergesellschaftung von Kleinwesen trat in einer meiner Kulturen jene massenhafte Umwandlung von Scenedesmus obtusus in eine Dactylococcus-Form ein, die seinerzeit Grintzesco beschrieben hat und die man oft beobachten kann als ernährungsphysiologische Varietät der sehr anpassungsfähigen Scenedesmen. Das grünlich getrübte Wasser war dadurch zu einer wahren Reinkultur von Dactylococcus-Zellen geworden. Hand in Hand damit stellte sich eine große Anzahl von Vorticellen ein, die sich eifrig an die Verzehrung der Algenzellen machten. Schon nach 5 Tagen war ein Teil der Campanella- (Vort. campanula-) Zellen zur chlorostigma (d. i. grünen) Form geworden und blieb so während der ganzen Dauer des Versuches, also noch etwa $2^1/_2$ Monate lang".

Und als ich diese Angaben zusammenstellte, fand ich, daß R. Lauterborn im Jahre 1902 im Biologischen Zentralblatt einen für Deutschland neuen Süßwasserschwamm (Carterius stephanowi Dyb.) beschrieben hat, in dem er die Scenedesmus-Alge symbiotisch leben sah, ferner, daß man soeben in England auch eine bestätigende Entdeckung gemacht hat, da zwei Forscher (Keeble und Gamble) die Chlorella des Wurmes Convoluta als Palmellenform der zu den Panzermonaden gehörigen Alge Carteria entlarvten.

Nach alledem darf man wohl die Ansicht verteidigen, daß die Chlorellen eine besondere, ernährungsphysiologische Lebensform verschiedener einzelliger Algen (namentlich von Scenedesmus und Panzermonaden) sind, die sich mit Infusorien und anderen Wassertieren oder tierischen Organen (man hat nämlich in den Tropen Chlorellen auch in den Haaren des — malayischen Faultiers (Bradypus) gefunden!) symbiotisch so vereinigen, wie andere ihrer Genossen mit Pilzen in der bekannten Gestalt der Flechten.

Damit hat sich die Frage nach einer anderen Seite verschoben. Denn seit De Barys und Schwendeners Auftreten weiß man, daß die bekannten schönen Flechten auf Fels und Rinden auch eine Pflanzenehe von Blau- und Grünalgen

mit verschiedenen Pilzen darstellen. In einem besonderen Abschnitt dieses Bandes wird darüber auch besonders gesprochen — hier will ich nur so viel davon erwähnen, als zur Stütze unserer Lösung des Chlorellenproblems nötig ist. Wir haben künstlich Flechten erzeugen können, haben auch in der Natur beobachtet, wie solche „Betriebsgenossenschaften auf Gegenseitigkeit" zustandekommen, für deren natürliches Vorbild die Nationalökonomen einmal das lebhafteste Interesse bekunden werden, wenn erst Biologie ebenso als Fundament aller Bildung gilt, wie lange Zeit die Bibel oder seit der Renaissance die Kenntnis der klassischen Kultur, wovon wir heute zwar weit entfernt sind, was aber unausbleiblich einmal eintreten wird. Dann wird der Soziologe und der Volkswirtschaftslehrer mit Lebewesen nach seinen Gesichtspunkten experimentieren, um an einfachen Beispielen die Lösung sozialer Fragen zu erreichen. Vor solcher zielbewußter Arbeit ahnen wir nur, wieviel wirtschaftliche und gesellschaftliche Lebensformen durch die Vorstufen des Menschen bereits durchprobiert, als unrentabel verlassen oder als lohnend in mannigfacher Weise entwickelt wurden. Ich werde diesen Gedanken in dem Abschnitt über die Flechten ausspinnen und mit Beweisen belegen, denn er umschließt das, was die Flechtenkunde an kulturfördernden Elementen enthält. Hier mag nur dies vorweggenommen sein: alle Naturforscher haben sich mit der Tatsache befreundet, daß die Zellen der verschiedenen Protococcoïden und Fadenalgen (z. B. Pleurococcus, Chroolepus, Hildenbrandtia, Phycopeltis), die sich von Pilzen umspinnen lassen, im Flechtenlager auch „Chlorellenform" annehmen, was man in der Sprache der Lichenologie „Flechtengonidien" nennt. Niemand nimmt an dieser Formenänderung aus physiologischer Ursache weiteren Anstoß; niemand bezweifelt mehr, daß die Flechtengonidien zu sehr verschiedenen Algen gehören, auch oft zu solchen auswachsen, wenn man sie von dem Pilzgenossen befreit — warum will man also alle diese Dinge von den Chlorellen leugnen? Warum will man nicht die richtige Folgerung ziehen und den Pflanzenflechten Tierflechten gegenüberstellen, da doch schon von mehreren Seiten unabhängig übereinstimmende Beweise dafür vorliegen? Daß man es tun wird, ist also nur eine Frage der Zeit.

Es gibt auch Urkugeln, die als Raumparasiten in anderen Pflanzen leben, ohne ihre Selbständigkeit aufzugeben. Solche Endoparasiten findet man in den untergetauchten Blättern von Laichkraut, Wasserminzen, (z. B. Arten von Endosphaera); sehr häufig sind die Scheibchen der Wasserlinsen von Chlorochytrium Lemnae Cohn befallen. Chlorocystis nistet sich im Meere in Meeralgen, auch in Infusoriengehäusen ein. Und was das allermerkwürdigste ist, auch in Wiesenpflanzen, in Kuckuckslichtnelken (Lychnis flos cuculi) Rumex- und Pfennigkraut (Lysimachia), in Ajuga, Grasblättern und noch manchem Gewächs (Untersuchungen wären sehr erwünscht!) gedeihen lustig allerlei Grünalgen (Chlorochytrium, Phyllobium incertum Kl.), die im engen Gefängnis sogar Schwärmsporen bilden. Welch ergreifender Lebenshunger spricht doch aus solchen Tatsachen!

Eine in sich ziemlich natürlich umgrenzte Gruppe bilden die

Scenedesmen,

die wohl die häufigsten aller Urkugeln sind. Aus den Bildern auf S. 240 kann man alle häufigeren Gattungen: Zackenband (Scenedesmus), die Halbmondalge (Selenastrum), Raphidium, Coelastrum, Sorastrum (Bild Bd. II, S. 113), Polyed-

rium, Staurogenia, leicht erkennen, wenn man sie in den Moorgräben findet, die ihr liebster Aufenthalt sind. Die übrigen kann man am besten aus dem französischen Werke von R. Chodat über die grünen Algen der Schweiz bestimmen, das mehrere hundert Arten beschreibt und auf 264 reizenden kleinen Zeichnungen abbildet. Man entdeckt in den Gewässern Europas jedes Jahr neue Gattungen, als Zeichen, daß noch bei weitem nicht eine befriedigende Naturgeschichte dieser zierlichen Geschöpfe geschrieben werden kann. Ihr Studium belohnt sich jedoch nicht nur durch den künstlerischen Genuß, zu dem der Anblick so vielgestaltiger, schöngeformter Lebewesen jeden führen muß, sondern auch durch überraschende Einblicke in den Bau und in die Gesetze der Gewebebildung.

Für das erstere erlaube ich mir als Beleg die dem zweiten Bande beigegebene Tafel der Plasmastrukturen (S. 42) anzuführen, wo ich auf der 14. Abbildung meine Zeichnungen wiedergeben ließ, die ich vor vielen Jahren von dem feineren Bau der Scenedesmus-Zelle aufgenommen habe. Sie erschien mir damals als höchst geeignetes Objekt zu solchen Untersuchungen, denn sie ist einfach, durchsichtig, stets in größter Menge zu haben, nur etwas klein. Was ich im Jahre 1892 darüber in den Naturhistorischen Heften des ungar. Nationalmuseums veröffentlichte, fand fast keine Beachtung, vielleicht, weil die von einem ungeschickten Steinzeichner höchst starr und schematisch wiedergegebenen Zeichnungen wenig Vertrauen einflößten. Immerhin wurde schon wenige Jahre danach von dem belgischen Algenforscher De Wildemann in seiner Monographie über die Gattung Scenedesmus in der „Notarisia“ (1893) der Kern meiner Behauptung, daß der Blattgrünträger ein spiralig verschlungenes Band sei, durch eigene Beobachtungen erhärtet und kurz danach auch von P. Richter in der Zeitschrift für angewandte Mikroskopie. Seitdem ist es still geworden. Wer beschreibt nun meine große Überraschung, als mir in dem Augenblick, da ich dieses Kapitel ausarbeite, eine Arbeit zugeht, welche diese Tatsachen neu entdeckt und in einem Sinne beurteilt, an den wir freilich niemals dachten. Ich meine die Studie von Professor Dunbar über die Frage der Stellung der Bakterien, Hefen und Schimmelpilze im System*, in der nichts anderes behauptet wird, als daß die genannten Wesen aus Algenzellen hervorgehen, wozu man die schon erwähnten übereinstimmenden Untersuchungsergebnisse von M. Münden vergleichen möge. Dunbar hat etwas sehr Notwendiges getan, nämlich Reinkulturen einer Urkugel angelegt, die sich nicht näher bestimmen ließ und die er als Petronellaalge bezeichnet. Er arbeitete 11 Jahre lang nach bakteriologischer Methode mit solchen Kulturen, was ja immerhin Vertrauen einflößt. Er behauptet, mit eigenen Augen die Umwandlung der grünen Alge zu den genannten Pilzen, ihr Auswachsen zu Schläuchen, ihren Zerfall zu Kokken und Schrauben gesehen zu haben, und damit hätte er so etwa das Wissen seiner Zeit auf den Kopf gestellt. Man darf wohl noch nicht behaupten, daß alle Fehlerquellen bei ihm ausgeschlossen seien, sondern man ist verpflichtet, jedes Urteil zu unterlassen, bis einige Nachuntersucher ihre Befunde mit den seinen verglichen haben. Solche Entdeckungen versetzen die Wissenschaft in Revolutionstage: alle Autoritäten sind aufgehoben, bis sich die neue Gesellschaft wiedergebildet hat. Und sogar, wenn nur die alte wieder in ihre Rechte tritt, war die Erschütterung nicht

* Erschienen 1907 zu München.

umsonst. Ganz besonders in diesem Fall, da nun Dunbar seit 50 Jahren etwa der sechste Forscher ist, der uns zuruft: die niederen Organismen sind den höheren nicht ebenbürtig, sondern entfalten andere Anpassungskräfte, wie die durch Gesellschaftsleben gebundenen! Das wäre nämlich der Kern dieser Behauptungen, die, indem sie die Urkugelalge als „Mutter", als Erzeugerin aller anderen niederen Pflanzen (mit Ausnahme der Moose) hinstellen, es ohne weiteres verständlich machen, warum sich der Herstellung eines natürlichen Stammbaumes dieser Wesen geradezu unüberwindliche Schranken entgegenstellen, und die sie zugleich zu ganz besonderer Wichtigkeit erheben — wenn sie sich nämlich bewahrheiten. Das aber bleibt noch abzuwarten.

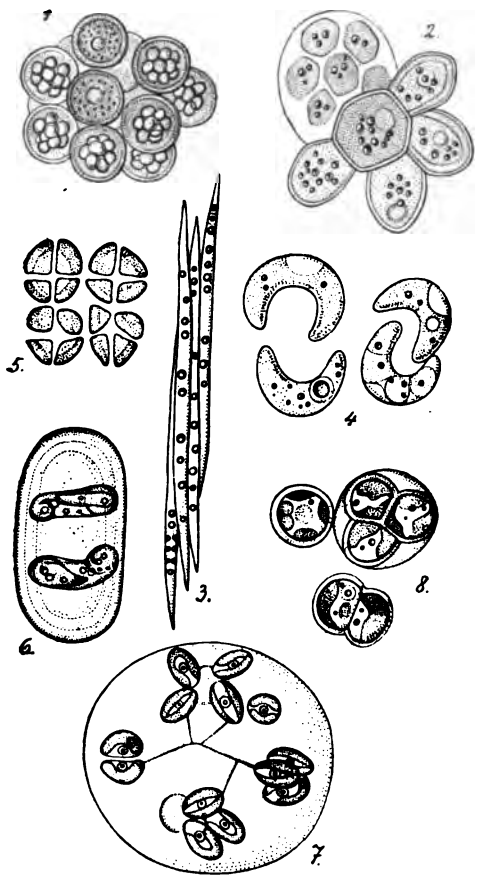
Interessanterweise enthält nun dieses Werk, von dessen Vorhandensein der Algenkenner unbedingt unterrichtet sein muß, auch die Behauptung, daß der Inhalt der Petronellaalge sich zu schrauben- (Spirochaeta) artigen Gebilden, also zu solchen Spirosparten umwandeln kann, wie ich sie aus dem Inhalt der Scenedesmus-Zelle beschrieb und wie sie namhafte Gelehrte, gleich den Professoren Entz, Fayod, Daday u. a., überhaupt als Struktureigentümlichkeit dem Plasma zuschreiben (vgl. darüber Bd. II, S. 45—47). Niemand darf heute mehr bezweifeln, daß eine pflanzliche oder eine tierische Zelle zu solcher Umformung fähig sei, denn man hat schon seit vielen Jahren unzähligemal festgestellt, daß sowohl in den Zellen des Menschen und in denen höherer Tiere, aus welchen die Samenfäden hervorgehen, als auch bei Armleuchtergewächsen derartige Umbildungen vorhanden sind, denn die Spermatozoiden dieser Wesen sind einfache Spirosparte im Sinne der obenerwähnten Anschauungen.

Die Szenedesmen sind auch ein dankbares Studienobjekt für denjenigen, der die Übergänge vom Einzeller- zum Vielzellerleben erforschen will.

Ein Raphidium ist noch einzellig, einzellebend. Aber durch die Natur seiner Fortpflanzung, indem es sich teilt, und weil die Nachkommen, unbeweglich wie sie sind, beisammen bleiben müssen, kommen zumeist kleine Bündel von Zellen zustande, die in nähere Verbindung treten, weil sie sich oft umeinander schrauben wie zwei Drähte. Bei dem Zackenband ist die Verbindung schon inniger geworden. Durch Gallerte haften die Zellchen seitlich oder in zwei Reihen, meist zu 4 und 8, seltener mehr, zusammen. Man nennt das ein Coenobium; dieser von uns schon des öfteren angewandte Ausdruck ist der Kulturgeschichte entnommen. Er bedeutete ursprünglich die kleinen Siedelungsgenossenschaften, in denen sich die ägyptischen Einsiedler (etwa vom 2. Jahrhundert v. Chr., bis zum 5. Jahrhundert unserer Zeitrechnung) zu gemeinsamem Haushalt auf dem Sinai und in der thebanischen Wüste zusammengefunden haben. Es ist merkwürdig zu sehen, wie der Sprachsinn so von selbst die Übereinstimmung zwischen biologischen und soziologischen Tatsachen herausfühlte. Die meisten Algen der Zackenbandgruppe variieren die Form des Zönobiallebens — was wieder sein kulturelles Gegenstück auf dem Berge Athos in Griechenland hat, wo die griechischen Mönche noch immer in Zönobien hausen, die aber sehr verschieden organisiert sind. 150 Mönche wohnen dort als Einsiedler und Einzeller, einige Hundert leben zu 4—5 zusammen in einzelnen Häusern, die zu Gruppen vereinigt sind. Das sind die Zönobien und Skiten. Und zwar sind die Zönobien wieder verschieden. Die sog. Monastira idiorrhythma sind Zönobien, in denen jeder Zelleninsasse selbständig bleibt. Neben diesem lockeren Verband bestehen aber große soziale „Organismen" mit Unterordnung und Arbeits-

teilung. Das sind die berühmten Klöster Laura, Russikon und achtzehn andere, die man gewöhnlich meint, wenn man vom Athos spricht.

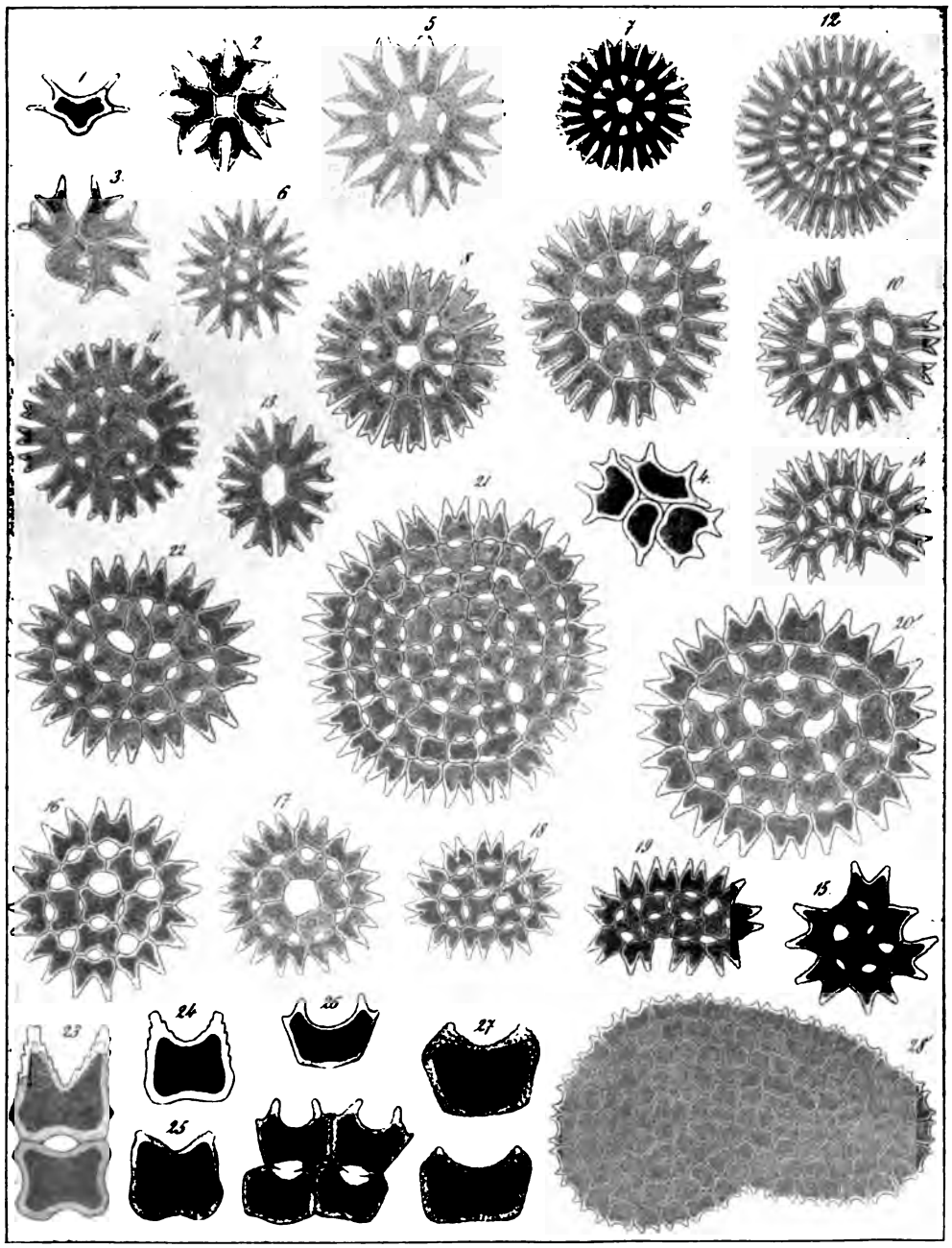
Alle diese Lebensformen, die sich unabsichtlich, also historisch herausgebildet haben, sind auch im Kreise der Urkugeln vorhanden. Die Raphidien sind Anachoreten, Scenedesmus ist ein Zönobium, desgleichen Coelastrum und Sorastrum (vergl. die Bilder). Und zwar im lockersten Verbande bei voller Gleichberechtigung, wahre Monastira idiorrhytma, über die auch die Gruppe der Characien, der Strahlenalgen (Golenkinien), der Diktyosphärien und Zackenrädchen (Pediastreen) nicht hinauskommt, wenn auch bei den letzteren zum erstenmal eine straffe Organisation in Form gesetzmäßig geregelter Lagerung der Zellen und eine Art Arbeitsteilung auftritt. Die randständigen Zellen dieser Zönobien weisen nämlich eine hübsche Zackung oder strahlige Fortsätze auf, die den von ihnen umschlossenen Zellen abgehen. Man vergleiche dazu das prächtige Faksimile, das ich nach dem Werke von Alexander Braun, welches die erste Monographie der Pediastrum-Arten enthält, herstellen ließ.



1—2 = Coelastrum microporum Ng., Cönobium, in dem Zellteilungen einsetzen. Bei 2 tritt eine junge Familie eben aus. 3 = Staurogenia rectangularis (Ng.) A. Br. 4 = Raphidium polymorphum A. Br. 5 = Kirchneriella lunaris Moeb. 6 = Dictyosphaerium Ehrenbergianum Kg. 7 = Dactylothece Braunii. 8 = Pleurococcus vulgaris Menegh. (Sämtlich stark vergrößert. Originale des Verfassers.)

Die Characium-Arten, von denen man in Süß- und Salzwasser viele, fast 40 Arten unterscheidet, und aus denen man eine besondere Familie machen will (s. Bild S. 232), sitzen auf anderen Algen und festen Gegenständen mit einem kleinen Stielchen fest, der die lehrreiche Anpassung aufweist, zum Zwecke besseren Haftens in eine kleine Scheibe verbreitert zu sein. Warum das hier erwähnt wird? Weil aus solchen Kleinigkeiten wissenschaftliches Denken Rückschlüsse auf große Lebensgesetze ziehen kann. Die Kette der Logik, in letzter Analyse der Satz, daß jede Erscheinung eine Ursache haben müsse, ermöglicht ihm dies. Darum darf niemand, der die Erkenntnisse der Zeit verstehen will, es scheuen, sich mit der Kunst des logischen Schließens vertraut zu machen; denn von der richtigen Anwendung der Vernunftschlüsse, von dem korrekten Gebrauch der Rechenmaschine logischer Zusammenhänge hängt es ab, ob man sich bescheiden muß, in der Natur die Dinge bloß zu „sehen“ und abzuschreiben, oder ob man von den bekannten Zusammenhängen auf noch Unbekanntes schließen und das mit den Sinnen Wahrnehmbare in seiner wahren Bedeutung erfassen kann. Das erstere

ist Dilettantismus, das letztere ist Wissenschaft. Damit ist zugleich gesagt, daß man, um auch den geistigen Gehalt der Naturwissenschaft in sich aufnehmen zu können, Denkschulung treiben, d. h. logische und philosophische Bildung erwerben muß.



1—14 Pediastrum Rotula. 15—24 P. asperum. 25 P. brachylobum. 26 P. angulosum. 27—28 P. vagum. (Faksimile aus Al. Braun, Algarum unicellularium genera. Lipsiae 1855. 4°. Tab. VI.)

Der im Denken Geschulte weiß aus dem winzigen Scheibchen am Stiele der Characien, das er bei vielen anderen festsitzenden Algen (ich nenne nur die Gallertstiele der Gomphonemen oder Mischococcus [Bild Bd. I, S. 464, Tafel]) wiederfindet, auf „selbstgestaltende" Kräfte der Algenzelle zu schließen und gewinnt damit einen Anhaltspunkt, wie er auch die anderen Gestaltungseigentümlichkeiten dieser Wesen beurteilen soll. Es läßt sich an diesem Beispiel recht faßlich machen, wie sich wissenschaftliches Denken vollzieht. Man geht von dem allgemeinen Prinzip aus, daß die vorliegende Erscheinung eine natürliche Ursache haben müsse, deren Folge sie ist. Mit anderen Worten, man macht keine andere Voraussetzung als die, daß es in der Welt natürlich, d. h. gesetzmäßig, dem Kausalgesetz folgend, zugeht. Dadurch unterscheidet sich wissenschaftliches Denken vom scholastischen Denken, das von vornherein voraussetzt, die fragliche Naturerscheinung habe eine übernatürliche erste Ursache. Ein in dieser Weise voreingenommenes Denken wird und kann immer nur in Zirkelschlüssen zu seiner ersten Behauptung zurückführen. Daß solches nicht wissenschaftlich und nicht das richtige Streben nach Wahrheit ist, liegt auf der Hand. Ebenso, daß es bloße Taschenspielerei und Gaukelei mit Worten ist, wenn der Anhänger der Scholastik dem Wissenschaftsmann vorwirft, er gehe ja auch von einer „Voraussetzung", nämlich von jener der Gültigkeit des Kausalgesetzes aus, mithin seien beide Denkrichtungen in diesem Punkte gleich. Das ist nur formell wahr — der Sache nach aber ist ein himmelweiter Unterschied zwischen der von der Wissenschaft gemachten, durch die Natur des menschlichen Verstandes geforderten Voraussetzung und der rein willkürlichen, daher auch willkürlich veränderlichen des Scholastikers. Die wissenschaftliche Voraussetzung ist verstandesgemäß, die scholastische ist verstandeswidrig. Das ist der Unterschied.

Es mag nicht unterhaltend sein, derartigen logischen Analysen zu folgen, dafür ist es um so nützlicher. Aber wer sich oft übt in solchen reinlichen und peinlichen Verknüpfungen der zusammengehörigen Begriffe, wie in der Ausscheidung der nicht zueinander passenden, der wird bald inne, daß auch in solchem Tun ein hoher Genuß liegt. Es ist ein Wegebauen über ein Sumpfland mit Hilfe der Logik. Schritt für Schritt fühlt man mehr festen Boden unter sich, und das ist ein unbeschreibliches Vergnügen angesichts des brausenden Schwalles von Behauptungen, Zweifeln und gegenseitigen Anwürfen, der sich über alle Dinge, mit denen man sich überhaupt beschäftigen kann, ergießt. Tatsachen erforschen vermittels der Sinne und sie in die richtigen Zusammenhänge einordnen vermittels der Logik, das sind die zwei Füße, welche die Naturforschung abwechselnd vorwärtsbringen. Auf sie kann man sich verlassen und auf nichts anderes. Wie man damit vorschreitet, das mag nun wieder an dem gewählten Beispiel der Characium-Haftscheibchen erläutert werden. Wir suchen eine natürliche Erklärung dafür und prüfen zu dem Zwecke die vorhandenen Möglichkeiten durch. Die Scheiben haben sich zufällig gebildet. Das wäre die erste Möglichkeit. Aber mit dem Zufall läßt sich kein gesetzmäßiger Zusammenhang knüpfen, und dieser allein bedeutet „Erklärung" — protestiert das logische Denken. Also wird der Gedanke verworfen. Beobachtung, an die man sich nun um Hilfe wendet, zeigt, daß die Scheibchen nur an festsitzenden Algen entstehen. Also steht die Erscheinung mit dem „Anheften" in Beziehung.

Das ist ein Fingerzeig, wo man anzuknüpfen hat. Die fragliche Erscheinung hängt von der Pflanze ab, sie ist nur der lebenden Pflanze zu eigen. Daraus läßt sich ein Schluß ziehen: die Scheibenbildung ist ein physiologisches Phänomen. Soweit ist alles sicher; daher kann man den Ausdruck wagen: die Haftscheibe kommt durch Selbstgestaltung zustande. Wenn wir nun rückschauend prüfen, wie wir zu diesem Ergebnis gelangt sind, erkennen wir wieder etwas von der Methodik wissenschaftlichen Denkens: man engt die Erklärungsmöglichkeiten immer mehr ein. In einen Merksatz gebracht, besagt das: Erklären heißt, ein Phänomen (eine Naturerscheinung) eindeutig machen. Daraus lernen wir wieder: wissenschaftlichen Wert haben alle Beobachtungen und Gedanken, welche die Erklärungsmöglichkeiten einer bestimmten Erscheinung einschränken.

Versuchen wir also, den gewonnenen Begriff der Selbstgestaltung eindeutig zu machen. Da schreitet nun wieder der andere Fuß vor. Was lehren die Sinne über Vorgänge, die der Verstand als Selbstgestaltung bezeichnen muß?

Ich muß mir leider versagen, die aufgeworfene Frage in ihrer „logischen Kontinuität" bis zu ihrer derzeit möglichen letzten Antwort zu verfolgen — einfach deshalb, weil dies hier nicht ein Lehrbuch des logischen Denkens, sondern eine Anleitung zum Studium der Algen ist. Ich wollte darin nur an einem Beispiel zeigen, wie man das in dem Kleinseher Wahrgenommene im Geiste zu verwerten hat und wie die wissenschaftliche Arbeit geleistet wird. Und das Angeführte genügt, um zu lehren, wie man „geistig geht", auch wenn wir den Weg nicht zu Ende gegangen sind. An anderen passenden Stellen mag der Faden wieder aufgenommen und gezeigt werden, wie man Hypothesen aufstellt, wie man sie benützt und wo die Grenzen des Naturerkennens sind.

Worauf es im Augenblick ankommt, ist nur, im Leser die Überzeugung wachzurufen, daß er niemals Naturerscheinungen verstehen wird, wenn er nicht lernt, den wissenschaftlichen Denkmethoden zu folgen. Und damit sind wir wieder um eine Stufe höher gekommen, und es stellt sich uns die Aufgabe, uns im weiteren nicht nur mit den Beobachtungs-, Präparations- und Kulturmethoden bekanntzumachen, sondern auch mit der Technik und Praxis des wissenschaftlichen Denkens und Schließens — kurz gesagt, mit der Philosophie der Biologie.

Die Characien, von denen aus sich unser Weg nun wieder fortsetzt, sind noch in einer anderen Beziehung lehrreich. Auf dem Bilde S. 232 sieht man den Inhalt einer Zelle in 8 Teilstücke zerfallen (das achte ist bei solcher Lagerung nicht sichtbar). Eines der Teilungsprodukte ist nebenbei etwas stärker vergrößert abgebildet. Diese kleinen Zellen nennt man Schwärmsporen und nahm eine Zeitlang an, daß sie miteinander so verschmelzen, wie in der höheren Pflanze Pollenzelle und Eizelle. Im Falle der Characien hat man das allerdings noch nicht beobachtet, wohl aber an vielen ihrer Verwandten (an Phyllobium, Halosphaera usw.). Man schreibt also Wesen mit solcher Vermehrungsart Geschlechtlichkeit zu und hat sich Mühe gegeben, die Pflanzen in Reihen je nach der Art ihrer Geschlechtsvorgänge zu ordnen. Man war früher ohne weiteres geneigt, die Erscheinungen dieser Geschlechtlichkeit für das wichtigste aller Organisationsmerkmale zu halten und das System der einfacheren Pflanzen ausschließlich darauf zu gründen. Man stellte ein Schema der Fortpflanzungsvorgänge auf, das eröffnet wurde mit Pflanzen ohne Geschlechtlichkeit (Schizo-

phyceen). Dann folgten die Konjugaten, die als Ganzes miteinander verschmelzen Als höhere Stufe betrachtete man dann die Fortpflanzung durch Gameten, denen gegenüber die Verschmelzungskörper der Jochalgen als Aplanogameten bezeichnet wurden. Dies zog dann nach sich, daß man die außerhalb der Mutterpflanze kopulierenden, weil beweglichen Gameten des näheren Planogameten und die Geschlechtsorgane, in denen sie entstehen, Gametangien nannte. Nebenher soll es bei diesen einfachsten „Gametophyten" auch eine rein vegetative Bildung von Zellen geben, für welche man die Bezeichnung Aplanosporen vorschlug. Als Sporen bezeichnet man, im Gegensatz zu Gameten überhaupt, stets zu ungeschlechtlichen Zwecken zustande kommende Vermehrungskörper. Was also Sporangien sind, ist danach leicht zu finden. Als Endosporen entstehen sie im Innern von Zellen, als Exosporen oder Konidien schnüren sie sich äußerlich ab. Als Zoosporen oder Schwärmsporen unterscheidet man sie, wenn sie Selbstbewegung besitzen.

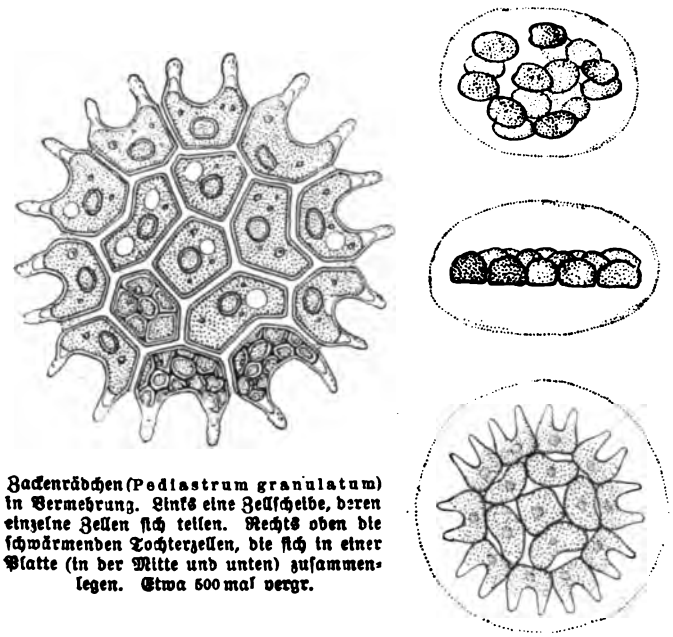
Alle bisherigen Begriffe werden angewendet, wenn die Organisationshöhe nicht überschritten wird, auf der sich die Geschlechtlichkeit in Form einer Kopulation zweier gleichartiger Zellen kundgibt. Wenn aber die Gameten verschieden groß sind (Mikro- und Makrogameten), wenn die eine beweglich (Samenfäden, Spermatozoiden), die andere unbeweglich (Ei, Oosphäre) ist, dann spricht man von oogamer Befruchtung, und mit ihr ist in der Geschlechtssphäre die Organisationshöhe der Blütepflanzen bereits im Kreise der Algen erreicht.

Diese Terminologie ist sehr geschickt gemacht, denn verwickelte Verhältnisse werden durch sie lichtvoll und leicht faßlich. Eine andere Frage ist es, ob man überall, wo man einen einfacheren Fortpflanzungsmodus oder bei verwickeltem große Einfachheit des Baues trifft, auch ursprüngliche Einfachheit der betreffenden Lebewesen annehmen kann. Zunehmende Erfahrung macht immer öfter damit bekannt, daß nachträgliche Anpassungen auch in der Geschlechtlichkeit Änderungen nach sich gezogen haben. So sind die Phyllobien sicher durch die Lebensweise rückentwickelt. Immerhin hat es sich bewahrheitet, daß das Gebiet der Fortpflanzung am wenigsten von Sonderanpassungen verfälscht wird, und so wie man neuerdings bei dem Menschen erkannt hat, daß der Bau und die Funktion seiner Genitalien ein sicheres Organisationsmerkmal darbieten, um seine Tiernatur augenscheinlich zu machen, so hat es sich im großen ganzen auch bei den Pflanzen erwiesen, daß man gut tut, bei ihrer Einreihung nach ihrer Abstammung voneinander die Einzelheiten ihrer Fortpflanzung besonders zu berücksichtigen.

An diesen Punkt kann die Sozialbiologie wieder anknüpfen. Es ist zu auffällig, daß die verwickelteren Fortpflanzungsformen erst bei geselligen, bei Cönobialwesen auftreten, überhaupt daß sie parallel mit dem Zustandekommen höherer sozialer Organisation sich vervollkommnen. Anders gesagt: Planogameten, die Bildung ungleicher Gameten oder gar oogame Befruchtung, sind Anzeichen eines auf „innerer Arbeitsteilung" beruhenden vollkommeneren Lebens, sie sind eine Art höherer „physiologischer Kulturstufe" als bloße Konjugation oder nur ungeschlechtliche Fortpflanzung. Und so muß man es direkt als Nutzen der sozialen Vereinigung bezeichnen, wenn solche Fortpflanzungsformen nur bei den dauernd und innig vereinigten Cönobien auftreten. Die Spaltpflanzen bilden nie „Gewebe", die sich in der Lebensarbeit teilen; die Joch-

pflanzen kommen nie über die Organisationsstufe der Fadenbildung hinaus; von den Urkugeln sind die einzelligen oder nur locker verbundenen auch auf einer niederen Stufe der Fortpflanzung, aber sofort, wenn sie in wahrhafte Gewebebildung, also, ins Soziologische übersetzt, in die Bildung von patriarchalischen Verbänden oder Staatsbildungen eintreten, wird der damit erzielte Nutzen nach außen hin in einer vollkommeneren Form der Fortpflanzung offenbar.

Für den ersten Teil des Satzes kann man sich die Beweise aus den vorhergegangenen drei Kapiteln herbeischaffen, für den letzteren Teil werde ich sie gleich erbringen. Bei Coelastrum, Dictyosphaerium oder den auf S. 232 abgebildeten Golenkinien (von denen man mehrere nicht sehr wohl unterschiedene, daher bestrittene Gattungen wie Richteriella, Kirchneriella, Chodatella, Francéia kennt) ist der soziale Verband ebenso locker wie bei dem Zackenband. Francéia und Chodatella sind sogar als Spielball der Umstände bald einzellig, bald in Kolonien vereinigt. Sie bilden einfach 3 bis 4 Tochterzellen, die im geeigneten Augenblick entleert werden. Coelastrum ist zu netzigen Hohlkugeln vereinigt.



Zackenrädchen (Pediastrum granulatum) in Vermehrung. Links eine Zellscheibe, deren einzelne Zellen sich teilen. Rechts oben die schwärmenden Tochterzellen, die sich in einer Platte (in der Mitte und unten) zusammenlegen. Etwa 500 mal vergr.

Alle Mitglieder des Zellenverbandes sind gleich. Die Zellen teilen sich in 2 bis 16 Töchter, die sich von vornherein nach Art der Elternkolonie anordnen und durch einen Riß frei werden. Desgleichen Dictyosphaerium. Aber schon bei Pediastrum meldet sich Arbeitsteilung und „höhere" Fortpflanzungsart.

Al. Braun hat davon die gründlichste Beschreibung gegeben. Sie läßt sich unschwer nachprüfen, denn man kann das Zackenrädchen erstens in jedem Weiher, auch im Plankton fast aller Seen reichlich finden und zur intensiven Vermehrung bringen, wenn man es hellem Sonnenschein aussetzt. Da sieht man denn, wie in einzelnen der zu einer zierlichen Scheibe verbundenen Zellen rasch Teilungen einsetzen. Es bilden sich meist 12—16 eiförmige, grüne Körperchen, an denen man mit großer Mühe zwei kleine Geißeln entdecken kann. Sie zittern und wallen unbeholfen. Da reißt auch schon die Wand der Zelle, die ihnen das Leben gab. In einer schleimigen Blase wirbeln sie nun etwa 1/4 Stunde bis 1 oder 2 Stunden umher. Dann geschieht das Wunderbarste! Sie legen sich regelrecht in eine Ebene zu einem regelmäßigen

Stern zusammen, d. h. sie bilden die soziale Gemeinschaft, welche ihrem Stamme zukommt; sie bilden sie freiwillig, nicht durch Zufall, sondern willkürlich, aktiv, getrieben von einem inneren Drange. So wird aus dem Muttercönobium ein Tochtercönobium.

Jeder Naturforscher und Soziologe, jeder Naturfreund, jeder Gebildete muß Gelegenheit suchen, sich von der Wahrheit des Gesagten zu überzeugen. Denn es ist eine der für das Verständnis des Lebens wichtigsten Naturtatsachen. Wer sie gesehen hat, dem kann man es nie mehr wieder ausreden, daß in der Pflanzenzelle seelische Triebe vorhanden sind. Wer sich von ihr überzeugte, dem wird es klar, daß der Organismenbildung, damit also der ganzen Entwicklung, der Stammesgeschichte, eine Aktivität, ein Streben, kurz, das seelische Prinzip der Lebewesen zugrunde liegen muß, womit dann ein mächtiger Ring der Beweiskette geschmiedet ist, daß man für die Entwicklung der menschlichen Gesellschaft die Vorbilder und Gesetze in den Gesetzen der Organismenbildung suchen darf.

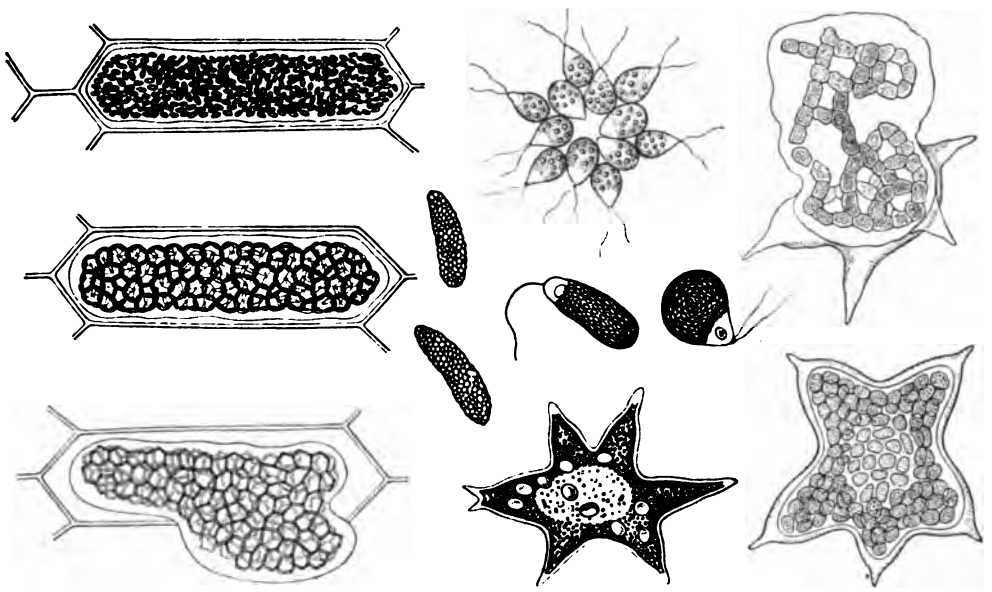
Pediastrum ist ein höchst bedeutsames Wesen für den Naturforscher, das man zum Gegenstande der gewissenhaftesten physiologischen Forschung machen muß. Die Arbeitsteilung, die sich in der verschiedenen Form der rand- und der innenständigen Zellen ausspricht (man vergl. dazu das entzückende Faksimile nach A. Braun), die verschiedenen „Vorübungen" zur Bildung eines parenchymatischen Gewebes, die man an den einzelnen Arten studieren kann, der unmittelbar vor Augen tretende, sichtbar sich äußernde „soziale Trieb", das sind Eigenheiten, welche danach rufen, daß von den einfachen Pflanzen keine andere so sehr wie diese allgemeiner Kenntnisnahme zugänglich gemacht werde. Jeder Lehrer muß sie vorzeigen, jedes soziologische Lehr- und Handbuch muß ihrer gedenken als eines Beispiels, daß soziale Triebe auch dem Pflanzenleben nicht fremd sind. Jeder Gebildete sollte sie kennen als Beweisstück für das innere Leben der Pflanze, und jedem Zweifler an der Berechtigung der von mir und meinen Freunden vorgetragenen Anschauung vom Wesen des Pflanzenlebens muß sie vor Augen gerückt werden als nicht zu widerlegender, lebendiger, beredter Zeuge.

Diese Pediastren haben entsprechend ihrer höheren Organisation auch eine geschlechtliche Fortpflanzung. Askenasy, ein russischer Botaniker, hat zuerst beobachtet, daß in den Scheibenzellen zahlreiche, gleichgestaltete Gameten gebildet werden, die mit zwei Geißeln wirbeln, ihre Mutterzelle verlassen, im Wasser kopulieren, d. h. miteinander verschmelzen und dann eine Ruhekugel (Hypnozygote) bilden. Als solche kann das Zackenrädchen auch wohl Trockenheit überstehen, weil wir das von vielen anderen derartigen Ruhekugeln wissen, so daß man annehmen muß, die Sicherung der Art sei der eigentliche Zweck ihrer Bildung. Von der Bildung dieser Körper wissen wir noch; ihr weiteres Schicksal ist dunkel. Man kennt noch vieleckige Algenzellen (man hielt sie früher für eine einzellige Alge, Polyedrium, [vergl. d. Bild auf S. 232] und weiß jetzt nicht, ob man eine solche Gattung aufrecht erhalten darf*, welche in 8—32 Pediastrum-Zellen zerfallen, die sich wieder zu Kolonien anordnen. Also muß man wohl annehmen, daß die Ruhekugeln sich in irgendeiner Weise zu den

* Ich glaube wohl, denn wie ich es auf S. 232 abgebildet habe, vermehren sich gewisse Polyedern durch Vierteilung.

genannten Polyedern umwandeln. Daß es so sein muß, kann man der Ähnlichkeit nach aus den gleichverlaufenden Fortpflanzungsvorgängen des Wassernetzes (Hydrodictyon) schließen, das man als Verwandten des Zackenrädchens ansieht.

Dieses Wassernetz ist eine der absonderlichsten von den Kolonien bildenden Algen. Es besteht aus zahlreichen Zellen, die ein netzförmiges Gewebe bilden, wie auf unserem Bilde ersichtlich (vergl. auch das Bild auf S. 34). Aber diese vielkernigen Zellen sind so groß, daß sie mit freiem Auge gesehen werden können. Sie werden bis 1 cm lang, sind also Giganten ihrer Gattung. Das sackförmige Netz, zu dem sie sich verweben, wird gewöhnlich 10—20 cm, unter günstigen Umständen einen ½ m lang. Einige



Die Lebensgeschichte des Wassernetzes (Hydrodictyon reticulatum [L.] Lagerh.)
1—2 = kleine Netze in natürlicher Größe. 3—5 = Bildung eines neuen Netzes durch Zoosporen in einer Zelle eines erwachsenen Netzes. 6 = Gruppe von Zoosporen. 7 = Schwärmer, aus der Zygote entstanden. 8—9 = Dauerzelle (Polyeder) ruhend und in Teilungen begriffen. 10 = Netzbildung aus einem Polyeder.
(Nach Kerner, Pringsheim und Klebs.)

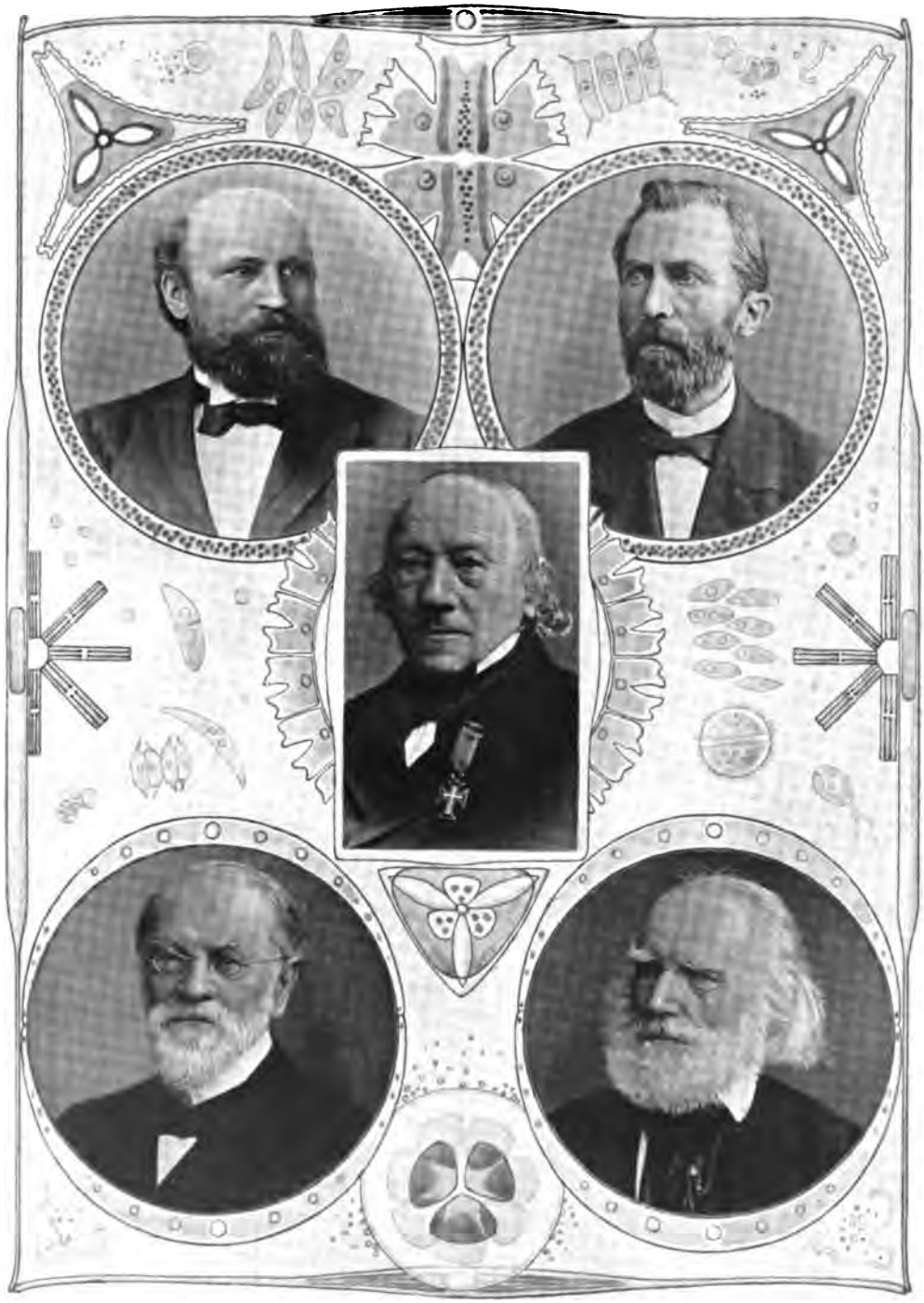
Forscher sagen sogar, sie hätten meterlange Netze gesehen. So ein Fabelwesen möchte wohl jeder gerne sehen, darum will ich einige seiner Fundorte anführen. Erforscht haben es in den fast drei Jahrhunderten, die man es kennt, viele, am besten die drei Großmeister der älteren Algenkunde F. Cohn, Alex. Braun, N. Pringsheim, von den neueren der Russe Artari und der unermüdliche Klebs. Sie haben es um Breslau, Berlin, Freiburg i. B., um Basel und in Rußland gefunden. Andere Fundorte sind in Floren: Leipzig, Schweden, Nordamerika, die Umgebung von Genf, der Züricher See usw. Ich kenne es aus den stehenden Pfützen eines ausgetrockneten Baches bei Budapest und habe es trotz vielen Suchens auf Wanderungen durch fast halb Europa seitdem nicht mehr wieder gefunden. Es ist also weit verbreitet, aber selten. Es lebt in langsam fließenden oder stehenden Gewässern, in Seen, im Röhricht des Ufersaumes, und wo es sich einmal einnistet, da erfüllt es seinen Standort mit Tausenden der bleich grüngelben genetzten Säckchen.

Diese Pflanze ist von derselben Bedeutsamkeit für das Verständnis der Natur, wie das Zackenrädchen; das letztere wurde nur deshalb als Beispiel gewählt, weil es so gemein ist. In allen Zellen des Wassernetzes zerfällt der Inhalt in zahlreiche (7 bis 20000!) Zellchen (die man wohl als Zoosporen ansprechen muß), die mit zwei Geißeln unbeholfen zittern und nicht freiwerden, weil sie mit Plasmafäden aneinander gebunden sind. Nach einer halben bis ganzen Stunde strecken sie sich in die Länge, gestalten sich zu Pflanzenzellen um und legen sich zu einem Netze zusammen, was eine noch bewunderungswürdigere Instinktleistung ist als bei dem Zackenrädchen, weil es sich dabei um viele Tausende von Zellen und eine noch kunstvollere Art der Architektur handelt! Man kann das unmittelbar unter dem Vergrößerungsglas beobachten (Pringsheim, Klebs, ich selbst habe es gesehen), kann also mit gutem Gewissen den Satz niederschreiben: daß es Äußerungen des pflanzlichen Seelenlebens gibt, die man unmittelbar sehen kann!*

Auf diese ungeschlechtliche Weise vermehrt sich das Wassernetz natürlich massenhaft, denn in zwei Tagen können dadurch aus einem Cönobium mehrere Tausende kleiner Netze hervorgehen. Im Notfall schreitet die Pflanze auch zu einer Geschlechtsvermehrung. In den Zellen bilden sich durch Teilung außerordentlich viele (30—100000!) Gameten, die auch „zittern", kopulieren und Hypnozygoten erzeugen. Diese ruhen dann monatelang (Schutz gegen Trocken- und Kälteperioden!) und wachsen langsam zu großen Kugeln, aus denen sich 4—5 große Zoosporen bilden, die mit zwei Geißeln schlagen, dann zur Ruhe kommen, sich wieder verkapseln und zu Polyedern auswachsen. In denen treten wieder Massenteilungen ein. Die kleinen Schwärmer genießen etwa 20 Minuten beschränkte Freiheit und wieder vollzieht sich das Wunderbare: sie bilden im Leib der Mutter ein neues Netz, das ein neues Leben beginnt.

Welch staunenswerte Verwandlungen! wie viel Handlung, wie viel Selbstständigkeit auf seiten der Pflanze, wie wenig Verständnis auf unserer Seite! Klebs hat Experimente angestellt, unter welchen Bedingungen die Fortpflanzung vor sich geht. Und er fand, daß alles daran von der Außenwelt bestimmt wird. Alle Zellen des Wassernetzes bilden Schwärmsporen oder Gameten, je nachdem wie sie gereizt werden! So drückt sich der genannte Forscher aus. Diese Sprache entspricht ja dem Sachverhalt, erschöpft aber logisch nicht die Tatsachen. Denn wenn Klebs findet, daß Hydrodictyon (so wie auch Vaucheria, Ulothrix, Stigeoclonium, Oedogonium und viele andere) im strömenden Wasser nur wächst, sich aber erst dann fortpflanzt, wenn man es in stehendes Wasser bringt, wenn er entdeckt, daß ein reichlich ernährtes Wassernetz sofort Zoosporen erzeugt, wenn man es in reines (also nahrungarmes) Wasser bringt; wenn im allgemeinen helles Licht die Pflanze zur Fortpflanzung geneigt macht, so hat das, außer ernährungsphysiologischen Gründen, seine wahre Ursache nicht in der An- oder Abwesenheit von Sauerstoff oder Licht usw., wie der mechanistisch denkende Naturforscher glaubt, sondern (wie ich das bereits am Beispiel der Schraubenalge [S. 218] dargelegt habe) in der Pflanze selbst, in dem ihre Tätigkeit leitenden Wahlvermögen, anders ausgedrückt: in ihrer Spontaneität, die sie stets der gegebenen

* Es ist für die Prinzipienfrage ganz gleichgültig, ob man das als unbewußt, als Reflex, als Instinkt, also nur als Äußerung des niedersten Seelenlebens bezeichnet.



Berühmte Algenforſcher.

Prof. Georg Klebs
Prof. P. Pringsheim †
Fr. Cr. Kützing †
Prof. A. De Bary †
Prof. Alexander Braun †

KOSMOS
GESELLSCHAFT
DER NATURFREUNDE
STUTTGART

MICH

Sachlage anpaßt, d. h. so zu handeln heißt, daß die Erhaltung gesichert ist. Man überdenke von diesem Standpunkte die oben erwähnten Versuchsergebnisse, und man wird selbst entscheiden können, welche Deutung recht hat.

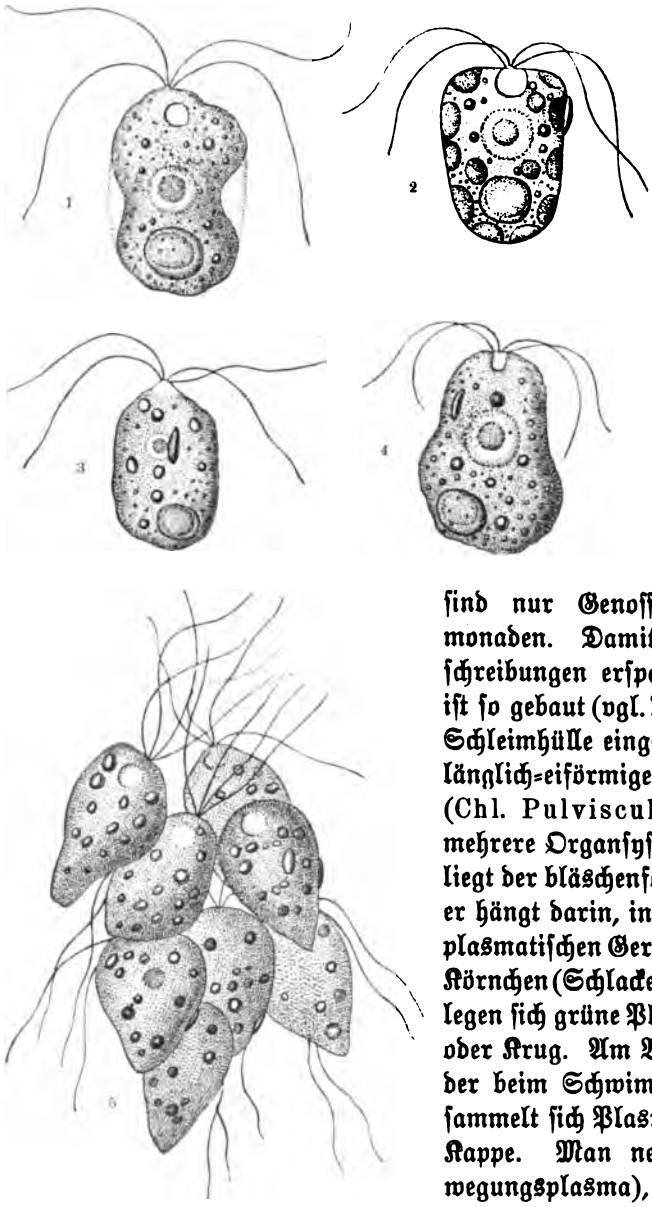
Der gleiche Gedanke, der uns bei Betrachtung der Urkugeln leitete, läßt sich auch an der zweitwichtigsten Gruppe der Grünalgen, an den

Volvocales (Kugelalgen),

durchführen, denn auch sie enthält alle sozialen Formen vom Einzeller bis zum hochgegliederten Staatsverband. Bevor wir uns darauf einlassen, sollen diejenigen Gattungen vorgestellt werden, mit denen man überall Bekanntschaft machen kann. 29 Gattungen* sind bekannt mit etwa 50—60 Arten, nicht eingerechnet die Reste der alten Familie der Palmellaceen, nämlich die Tetrasporen mit den Gattungen Chlorangium, Hormotila, Mischococcus, Apiocystis, Palmodactylon, Tetraspora, Physocytium. Diese insgesamt 70—80 Lebensformen sind zum großen Teil seltene und schwer zu beobachtende Wesen, daher denn auch jedes Jahr neue beschrieben werden. Ich habe sie über ein Jahrzehnt mit besonderer Zuneigung studiert und sieben Abhandlungen über sie geschrieben, habe aber noch immer ein ganzes Buch voll Zeichnungen von unbeschriebenen Formen liegen, zu deren Ausarbeitung mir die Zeit fehlt, weil die Literatur über sie so zerstreut ist. Andere Naturforscher, wie Fr. Stein und Ehrenberg, F. Cohn, Kirchner, Pringsheim und Dill in Deutschland, Carter in England, Kofoid in Amerika, Dangeard in Frankreich, Goroschankin in Rußland, haben sie ebenso geliebt, und aus den fast 100 Arbeiten, die wir alle über sie veröffentlicht haben, baut sich die Wissenschaft einer der anziehendsten Algengruppen auf. Die wichtigsten Arbeiten, die man darüber einsehen muß, sind Steins „Organismus der Infusionstiere", Cohns Arbeiten in den Akten der Leopoldinischen Akademie (1850—1857), Goroschankins Arbeiten in dem „Bulletin de la Société des naturalistes" in Moskau (1890—91), die Chlamydomonaden-Monographie von Dangeard in seiner Zeitschrift „Le Botaniste" (1899), meine Polytomeen-Monographie in den „Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik" (1895), wo auch die gewichtigen Arbeiten von Dill (1895) und Klein (1899) erschienen sind.

In den heimatlichen Gewässern kann man auf etwa folgende Kugelalgen mit Bestimmtheit rechnen: die Panzermonade (Chlamydomonas) erfüllt Regenfässer, Pfützen, Regenlachen, namentlich in lehmigem Boden und nach Gewittern (das ist sonderbar und noch unerklärt) oft so massenhaft, daß sie als gelbgrüner Schaum das Wasser färbt. An solchen Orten finden sich auch Chlorogonium und Phacotus ein. Die rotgefärbte Sphaerella macht Regenpfützen im Schiefergebirge zu Blut, im Hochgebirge und in den Polarländern färbt sie den Schnee. Polytoma (Bild S. 258) stellt sich fast immer in Aufgüssen ein, wo Pflanzen faulen. Daher möchte ich sie Fäulnisalge nennen; Mistjauche enthält sie stets. Gonium und Pandorina (Bild S. 32)

* Und zwar Chlamydomonas*, Sphaerella*, Chlorodendon, Carteria, Cercidium, Chlorogonium*, Pteromonas, Corbierea, Brachiomonas, Lobomonas, Coccomonas*, Kleiniella, Phacotus, Astrogonium*, Polytoma, Chlamydoblepharis, Polyblepharis, Pyramimonas, Chloraster, Hymenomonas*, Gonium, Pandorina*, Eudorina, Spondylomorum, Eudorinella, Pleodorina*, Platydorina*, Stephanosphaera*, Volvox. Die Besternten sind hier und auf S. 32, sowie Bd. II, Tafel zu S. 42 und Tafel zu S. 12 abgebildet.

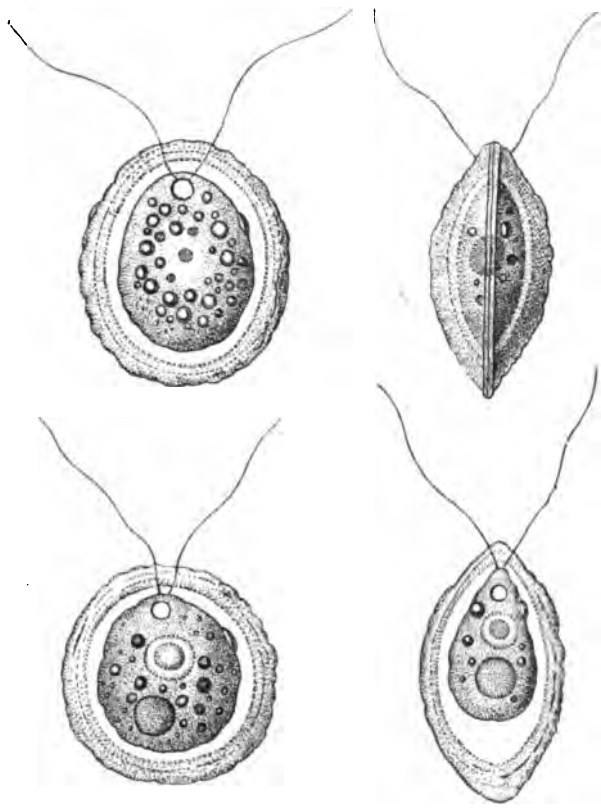


1—4 Carteria multifilis Fres. Schwärmer mit krugförmigem oder in Scheiben zerfallenem Blattgrünkörper und dem Kinoplasma, mit Vakuole, Zellkern, Pyrenoid und Augenfleck. 5 = Spondylomorum quaternarium St., eine Kolonie von Carteria-Zellen (stark vergröß.). (Original des Verfassers.)

leben in Weihern. Im Frühling spielen sie darin oft so massenhaft, daß auch sie „grün färben". Die Kugelalge (Volvox, Bild S. 256), eines der phantastischesten Geschöpfe, ist leider selten. Ich habe sie meist in Gräben und in den pflanzenreichen Lachen gefunden, die im Lenz nach Überschwemmungen zurückbleiben. Alle anderen bekommt man nur durch Zufall zu Gesicht.

Die Panzermonade ist „der Bürger" dieser Zellenstaaten. Die sozialen Formen sind nur Genossenschaften von Chlamydomonaden. Damit sind viel überflüssige Beschreibungen erspart. Eine Chlamydomaszelle ist so gebaut (vgl. das Bild auf S. 254). In eine Schleimhülle eingeschlossen ist eine mittelgroße, länglich-eiförmige (Chl. tingens) oder kugelige (Chl. Pulvisculus) Zelle, deren Plasma in mehrere Organsysteme gegliedert ist. Inmitten liegt der bläschenförmige Zellkern, besser gesagt: er hängt darin, inmitten eines schwer sichtbaren plasmatischen Gerüstwerkes, das oft auch allerlei Körnchen (Schlackenstoffe?) führt. Um diese Zone legen sich grüne Plasmaschichten wie ein Mantel oder Krug. Am Vorderende, d. h. jenem Pol, der beim Schwimmen stets vorangerichtet ist, sammelt sich Plasma, oft sogar in Gestalt einer Kappe. Man nennt es Kinoplasma (Bewegungsplasma), um anzudeuten, daß man darin ein „regulierendes Zentrum" der Bewegungen jener zwei Geißeln sieht, die das Zellchen vorn — wie es scheint — nach Belieben herausstreckt und einzieht, und durch deren Wirbel es in einem sonderbaren tanzenden Rhythmus durch das Wasser jagt. Unter dem Kinoplasma ist noch etwas Sonderbares: Zwei rhythmisch pulsierende Bläschen, wie bei den Flagellaten. Feine Zuleitungsröhren, die ich nirgends beschrieben finde, an Chlamydomonas, Carteria und Chlorogonium aber oft sah, versorgen sie mit Flüssigkeit, die sie aus dem Körper pumpen. Auch ein Augen-

fleck fehlt nicht, der öfters durch seine ganz bestimmte Lagerung zu dem Zellkern uns darüber nachzudenken auffordert, ob hier nicht ein tieferer Zusammenhang gegeben sei. Wird noch hinzugefügt, daß der Blattgrünkörper hier ebenfalls — wie sonst in Pflanzenzellen — mannigfaltig gestaltet ist, auch in Scheiben zerfallen kann (siehe das Bild) und daß stets wenigstens ein stärkebildender Blattgrünkern (Pyrenoïd) sich vorfindet, dann ist der typische Bau aller Volvocineenindividuen beschrieben. Daran modeln nun Sonderanpassungen. Die einzelligen Formen haben 2 Geißeln (Chlamydomonas, ohne Pyrenoïd Chloromonas genannt) oder 4 Geißeln (Carteria, siehe das Bild, Pyramimonas), 5 Geißeln (Chloraster) oder gar 6—8 Geißeln (Polyblepharides); sie sind in hübsche zweiklappige Schalen eingesperrt (Phacotus, siehe Bild S. 251) oder sitzen in einem flügelkantigen Gehäuse (Pteromonas); sie sondern den roten Farbstoff ihres Augenfleckes in Menge ab, daß er sie rot färbt (Sphaerella-Haematococcus), oder sie sind farblos (Polytoma, Bild Bd. II, S. 193 und S. 258), noch andere sind spindelförmig langgestreckt (Chlorogonium, Bild S. 253, Cercidium, Bd. II, Tafel zu S. 42). Es gibt aber auch hier Cönobien. 4—16 Chlamydomonas-Zellen legen sich regelmäßig zu einem Täfelchen zusammen (Gonium pectorale, S. 32 und Bd. II, Tafel zu S. 12), oder zu einem maulbeerförmigen Gebilde (Pandorina morum, Bild S. 32), oder 8—32 Zellen erfüllen eine Hohlkugel (Eudorina, Bild S. 32). Dann wieder bilden sie eine Kranzkugel (Stephanosphaera, Bild S. 32), oder 8—16 viergeißelige liegen in einer Traube beisammen (Spondylomorum, Bild S. 250), oder aber 200—22000 (Cohn hat nur 12000 berechnet) winzige Zellchen verbinden sich mit feinen Plasmafäden, erbauen eine linsengroße Hohlkugel und rudern umher mit 400—44000 Geißeln. Das ist das Kugeltier, der Volvox (Bild S. 256 und Bd. II, Tafel zu S. 12), der in mehreren Arten (Globator, minor, tertius, aureus) bekannt ist. Näheres über die Art der Kolonienbildung wurde schon auf S. 32—33 gesagt.



Phacotus lenticularis St., eine in zweiklappiger Schale lebende Panzermonade. Sehr stark vergr. (Original des Verf.)

Mannigfaltigkeit ist also da und Schönheit und Seltsamkeit auch. Desgleichen genug Studien von einer übergroßen Reihe von Naturforschern als Zeichen, wie an-

ziehend die Gruppe ist — und dennoch gibt es noch vieles zu studieren daran. Erstens wirbeln in unseren Gewässern noch Formen, die man nicht beschrieben hat; ganz seltene Gattungen (Astrogonium, Corbierea, Platydorina, Pleodorina, Chlamydoblepharis usw.) sind erst in den letzten Jahren bekanntgeworden. Also läßt sich schon mit bloßem Fleiß manch Lorbeerblättchen erwerben. Zweitens sind die Lebensäußerungen dieser Pflanzen noch sehr unvollkommen bekannt. Die Panzermonaden haben ein sehr interessantes Triebleben. Sie reagieren auf Schwerkraftreize, wie Fr. Schwarz gezeigt hat; sie antworten mit Bewegungen auf chemische Reize, was W. Pfeffer geprüft hat, und sie sind für Licht höchst empfindlich, worüber Arbeiten von E. Strasburger und Fr. Oltmanns und mir vorhanden sind. Sie messen das Licht. Die Wissenschaft nennt das Photometrie, und Oltmanns sagt in seinem Werke über die Photometrie der Pflanzen vom Volvox: „Unsere Versuche ergaben ein sehr scharfes Unterscheidungsvermögen des Volvox für verschiedene Helligkeiten." Es ist wirklich ganz wunderbar zu sehen, wie „vernünftig" (Oltmanns gebraucht genau dasselbe Wort) sich solche lichtsuchende Zellen benehmen.*

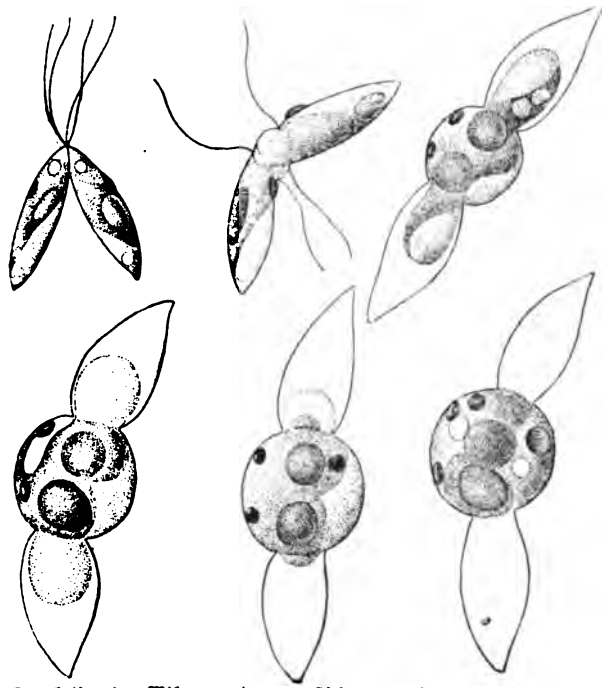
Wer das Glück hat, Volvox zu finden, der versäume nicht, folgenden Versuch anzustellen: Er sammle die Kugeln in einem flachen Gefäß, am besten in einem Teller mit nur wenig Wasser, und lege dann einen Pappendeckel so darüber, daß nur ein Teil des Wassers beschattet ist. Dann rücke er den Teller so nahe als möglich ans Fenster. Ergötzlich ist es zu sehen, wie nun die Kugeln hin und wieder eilen. Ein sinnlos Gewimmel scheint es; aber schon nach einem Viertelstündchen wird die geheime Ordnung offenbar, die alles lenkt. In einem engbegrenzten Strich, im Halbschatten des Deckels, drängen sich die meisten Kugelalgen; dort steigen sie spielend auf und nieder. Das völlige Dunkel und das helle Licht scheuen sie gleicherweise. Aber nicht dies ist das Sonderbarste daran, sondern daß ihre Lichtstimmung wechselt. Familien, die im Begriffe sind, sich zu vermehren, sondern sich ab von den „Junggesellen" — sie wünschen weniger Licht. Im Herbst reagieren sie fast gar nicht, und wenn man sie vorher viel schüttelte, oder sie sonst noch nicht recht eingelebt sind im „neuen Heim", da „mögen sie nicht". Die staunenden Botaniker nennen dies launenhaft und sprechen dann von „inneren Ursachen". Wir wissen schon, was das heißen soll.

Beobachtet man die Volvox-Kugel aufmerksamer, so wird man — hat man Glück — bemerken, daß sie stets mit einem Pol vorwärts eilt. An diesem Pol haben die Einzelzellen Augenflecke — ja diese sind da 6—8mal größer, als in der Mittelpartie des Familienstockes. Und am hinteren Pol, der stets dem Lichte abgekehrt ist, fehlen die roten „Äuglein" ganz. Das gleiche hat man neuestens an Pandorina bemerkt; ich habe in meinem Werke über „die Lichtsinnesorgane der Algen" Ähnliches von Eudorina beschrieben und dort verwertet, wie es sich gehört, nämlich als Beweis, daß die Pigmentflecke wirklich ein Hilfsapparat sind, damit die Zellen die Richtung der Lichtstrahlen wahrnehmen können. Volvox hat also einen Sinnespol. Und an diese Tatsache knüpft wieder der Sozialbiolog an. „Wie trefflich" — sagt er — „paßt dies doch zu meiner Theorie, daß die Vereinigung zur Arbeitsteilung und damit zur Steigerung der Fähigkeiten führt!" Die Botanik hat ihm damit

* Vergl. dazu das in Bd. II, S. 12—14 Gesagte.

einen überzeugenden Beleg für den grundlegenden Satz seiner Wissenschaft geliefert, daß die Vorbilder der sozialen Phänomene in den organischen Erscheinungen gegeben sind.

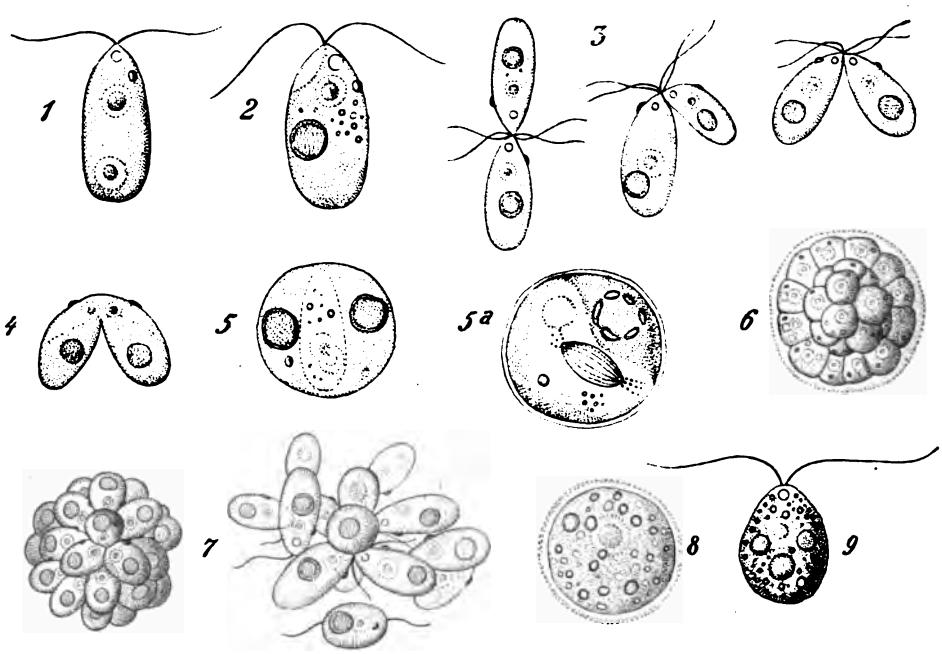
Von diesen fesselnden physiologischen Einsichten ist in den Lehrbüchern der Botanik meist leider nichts zu finden, um so mehr von der Fortpflanzung der Volvocineen, die freilich auch sehr lehrreich und sehr anziehend ist. Wieder verweise ich auf Bd. II, S. 472—473 (und die Bilder der Tafel zu S. 12, Bd. II), wo ich die Beschreibung der Konjugation von Chlamydomonas und der geschlechtlichen Fortpflanzung von Volvox schon vorwegnehmen mußte, weil ohne ihre Kenntnis der Fortpflanzungsakt der höheren Pflanze nie verstanden werden kann. Als Ergänzung hierzu stellen die Bilder auf S. 32 dieses Bandes auch noch den Sexualakt von Pandorina und Eudorina dar, die beistehenden aber von Chlorogonium und Chlamydomonas. Die Algenkunde hat damit der gesamten Botanik einen sehr schätzenswerten Dienst geleistet, und darum kann kein Pflanzenfreund die Kenntnis von Chlamydomonas, Pandorina und Volvox entbehren. Es wird wohl auch jeder Lehrer, sei es in Volks- oder höherer Schule, Gelegenheit suchen, seiner Schülerschar wenigstens einmal Kopulationsvorgänge zu zeigen. Denn wenn er hinzufügt: „Seht, so machen es im Wesen alle Pflanzen! Zwei ihrer Zellen, welche die Träger der Eigenschaften sind, verschmelzen miteinander, bilden eine Zelle, aus deren Teilung alle anderen hervorgehen, wodurch sich das Geschlecht mit seinen charakteristischen Eigenschaften erhält" — so hat er ihnen lebendige Kenntnis eines der allerwichtigsten Lebensphänomene in einer Weise verschafft, die sie nie vergessen, wohl aber oft praktisch anwenden werden.



Kopulation der Mikrogameten von Chlorogonium euchlorum St. in den fortschreitenden Stadien. (Original des Verfassers.)

Der Ratschlag wäre aber unfruchtbar, fügte man ihm nicht einige Anleitung bei, wie man sich passendes Kopulationsmaterial verschafft. Wenn im Sommer ein ausgiebiger Gewitterregen niederging, oder nach längerer Dürre Landregen einsetzte, so wird man am nächsten schönen Tag in Pfützen und Wasserfässern (gelbgrüne Färbung deutet auf Volvocineen, dunkelgrüne auf Euglena und sonstige Algen) alles in lebhafter Vermehrung finden. Ein Übelstand ist nur, daß die Stunde der Geschlechtlichkeit gleich nach Mitternacht schlägt; doch kann man alles verzögern, wenn man sein Material (im Eiskasten) kühl hält. G. Klebs hat uns jedoch auch Mittel in die Hand gegeben,

um durch künstliche Reize die gewünschte Lebensbetätigung auszulösen. Er empfiehlt, die Algen sehr heller Beleuchtung (aber nicht direktem Sonnenlicht) auszusetzen. Das Licht begünstigt bei den meisten (dies gilt auch für Vaucheria, Oedogonium, Cosmarium, Spirogyra) die Einleitung der Sexualakte, besonders wenn man 2—4prozentige Rohrzuckerlösungen verwendet.



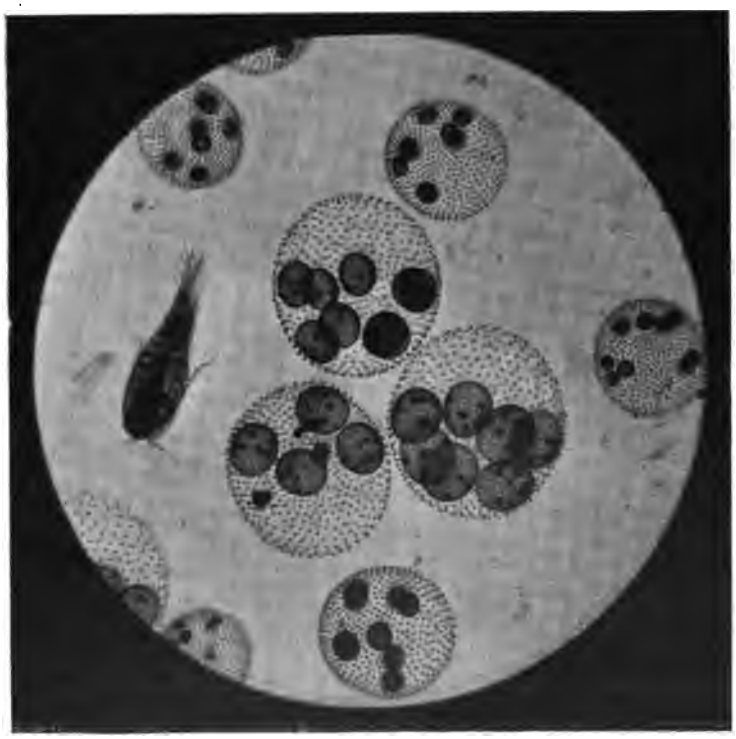
Die Lebensgeschichte der Panzermonade.
1—7 Chlamydomonas tingens Ehrb. 1—2 = Makrogameten. 3—5 = Mikrogameten in einzelnen Stadien der Kopulation bis zur Zygotenbildung, wobei (5a) mitotische Kernvereinigung erfolgt. 6—7 = Bildung von Mikrogameten durch Zellteilung einer Mutterzelle. 8 = Ruhespore (Akinete) und 9 = Schwärmer von Chlamydomonas De Baryana. (Originale des Verfassers.)

Wer Lust zu solchen Experimenten hat, kann künstlich auch eine andere interessante Lebenserscheinung hervorrufen. Wenn man chlamydomonadenhaltiges Wasser auf (ausgekochte) Torfstückchen bringt, die mit Knopscher Nährlösung (Rezept S. 217) getränkt sind und stets feucht gehalten werden, kann man sie leicht in einen ruhenden Zustand versetzen, in dem sie massenhaft Schleim absondern, die Geißeln einziehen, den Augenfleck auflösen, überhaupt den Habitus einer ganz anderen Alge annehmen, die man früher als Palmella und Gloeocystis beschrieb. In der Natur bildet sich dieser Latenzzustand, in dem sich die Zellen stark vermehren, ebenfalls, und in Brunnen (namentlich mooriger Gegenden) findet man oft haselnuß- bis walnußgroße grüne, schleimige Kugeln. Das sind die Palmellen der Panzermonaden. Palmellen haben auch andere Algen: die Änderlinge (Euglena), die Kraushaaralge (Ulothrix), Stigeoclonium und Chaetophora — wenn man daher eine findet, läßt es sich nicht im voraus sagen, zu welcher Algengruppe sie gehört. Leider auch nicht, was dieser Zustand des „Scheintodes" oder „ruhenden Lebens" für eine Bedeutung hat.

So werfen sich allenthalben Fragen in Menge auf, die noch ungezählten Naturforschern Arbeit geben werden, eine Arbeit, von der wir heute noch nicht einmal wissen können, ob sie nichtiger Kleinkram ist oder Stufe zu lebenswichtigen Erkenntnissen. Das ist ja eben der unendliche Zauber des Naturforschens, daß man nie weiß, was kommen kann und jeden Moment das Wunderbarste und Weltenändernde erwartet. Oft und oft sind Einzelheiten, denen ihr Entdecker gar kein Gewicht beimaß, viele Jahrzehnte später zu außerordentlicher Bedeutung gelangt. So ist z. B., um bei der Sache zu bleiben, die Kugelalge im Begriff, zu einem so „wichtigen" Wesen für den Gebildeten zu werden, wie etwa die Brückenechse oder der Neandertalschädel. Weder Leeuwenhoek, der das rollende Kügelchen als erster kannte, noch Henry Baker, der es fast 100 Jahre später wiederfand, noch auch der treffliche Rösel, der es in seinen „Insektenbelustigungen" beschrieb, ja, nicht einmal Linné, der das Wunderding als Tier an den Schluß der Würmer stellte, ahnten etwas von dessen eigentlicher Bedeutung. Die Botaniker des verflossenen Jahrhunderts haben mit großer Geschäftigkeit als das ihnen Wunderbare des „Kugeltieres" ausgebreitet, daß es getrennte Geschlechter hat, daß es weibliche, männliche und ganz geschlechtlose Kugeln gibt, also eine Verteilung wie etwa bei den Ameisen, ferner, daß dies wechselt, weil es auch hermaphrodite Kugeln gibt. Damit sind sie schon dem eigentlich Bedeutsamen seines Wesens näher gekommen, nämlich dadurch, daß es uns ein Lehrmodell der Natur bietet, die am Volvox ihre Gesetze in einfachster, also auch durchsichtigster Form prägt. Aber erst wir haben voll den Sinn geöffnet für das große Unfaßbare, daß die Weltgeschichte sich auch im kleinsten Raum wiederholt und uns im Marionettentheater des Mikrokosmos vorgespielt wird — vorausgesetzt, daß wir die Augen mitbringen, die dazu gehören, um das Stück verständlich zu finden.

Wenn man sich so eine Szene aus dem Algenleben ins Menschliche übersetzt, so sieht man im Volvox das regelnde Gesetz der Städtekultur des griechischen Altertums lebendig. Die Kugelalge wächst heran zu einer Genossenschaft von einigen Hundert bis über 20000 Einwohnern. Sie ist eine Stadt von so einträchtigen Bürgern, daß sie als ein Individuum gelten kann. Oder ist es nicht höchste Eintracht, ja, geistige Lenkung von solcher Vollkommenheit wie im Körper des Tieres, wo ein vom Zentralorgan ausgehender Befehl Tausende von Zellen in Bewegung setzt, wenn die 40000 Geißeln eines erwachsenen Volvox-Stockes gleichsinnig schlagen, so daß das Ganze rollt, und zwar steigt, sinkt, sich nach vorwärts schraubt oder ruht, so wie es „das Ganze" braucht, um sich zu erhalten? Daß dies ein psychisches Phänomen ist, haben schon andere Naturforscher (z. B. O. Zacharias) zugestanden. Wenn die Zellen nicht einträchtig wären, wenn nur ein Dutzend oder hundert verkehrt schlagen würden, müßten sich die Geißeln verwickeln, und die geordneten Bewegungen ständen still. Ein gemeinsames regulierendes Zentrum ist nicht da (wenigstens nicht bekannt), so daß das Phänomen geradezu unerhört ist. In ihm verrät sich die Besonderheit der pflanzlichen Reizverwertungen und Instinkte, und man ahnt die künftigen Schwierigkeiten der jungen Wissenschaft, die sich damit beschäftigt. Da ist alles „Massenpsychologie" — dasselbe Problem, das auch die Soziologen unserer Tage bewegt: daß eine Menge, ohne daß der einzelne vom anderen weiß, gemeinsam handelt. Doch, so interessant es auch ist, nicht dies sollte hier herausgearbeitet werden, sondern die Brutknospenbildung des Volvox. Über eine

gewisse Größe wächst seine Stadt nicht, sondern 6—12 Zellen im Hinterende der Kugel (Parthenogonidien nennt man sie), die größer sind als die gewöhnlichen Ruderer, teilen sich rastlos und so geschickt, daß sie eine Hohlkugel hervorbringen (in der sie sich auch so aktiv anordnen wie die Pediastrum- und Wassernetzschwärmer), die sich einfach als Tochterstadt erweist, im Innern der Mutter rotiert und von ihr durch einen Riß geboren wird. Sommers über findet man selten Kugelalgen, in denen nicht ein paar solcher Tochterkugeln wirbeln, und das erhöht den absonderlichen Reiz des Anblickes.



Kugelalge (Volvox minor St.) mit Tochterkolonien.
(Originalphotographie von Prof. Dr. O. Zacharias.)

So einfach läßt sich dies erzählen, und wie viel Gedanken zieht es nach sich! Als ich in einem kleinen Städtchen mehrere Jahre leben mußte und dort in der geistigen Isolierung Plan und Vorarbeiten zu diesem Werke schmiedete, bildete ich mir meine Anschauungen so, daß ich die Naturerscheinungen, von denen ich fühlte, daß sie bedeutsam sind, kennen zu lernen trachtete, dann über die Tatsachen, in denen sie sich äußern, las, und schließlich mein Wissen mitnahm auf Wanderungen. Da saß ich dann auf Plätzen, die sehr bescheidene Naturreize boten, weil nichts da war, als ein kleiner Hügel mit freiem Blick in die Ferne, oder eine Lichtung im Buschwald, die mir aber unendlich lieb wurden durch die Genüsse des Denkens, die ich dort erlebte. Denn ich durchdachte dort das Gelernte. Mit wem ich es recht gut meine, dem kann ich das gleiche raten: sich Stunden der Einsamkeit absparen und darin den Gegenständen durch eigenes Nachdenken neue Seiten abzugewinnen trachten.

Da dachte ich denn über den Volvox, wie packend es doch ist, in seinem Leben menschliche Züge zu finden! Was er da mit seinen Brutknospen anstrebt, das haben eigentlich auch die Griechen gemacht, wenn sie Pflanzstädte gründeten. E. Curtius hat uns das in seiner griechischen Geschichte unübertrefflich anschaulich geschildert, und seine Darstellung, wie Jonier, Lokrer und Achäer unter dem glücklichen Himmelsstrich des Tarentiner Golfes die berühmten Heimatstädte der pythagoräischen und eleatischen

Philosophie begründeten, mutet wie ein Stück Naturgeschichte an. Sybaris, Kroton, Lokri, Tarent, Heraklea, Metapont waren so zweckmäßig verteilt angelegt, daß sie mit nichts anderem besser verglichen werden können, als mit den Einflußsphären, wie sie Zellkerne in einem Gewebe darstellen. So wie diese in wohlberechneten gemessenen Abständen gleichmäßig einen Pflanzenteil durchsetzen und über bestimmte Plasmagebiete (d. s. die Zellen) herrschen, oder wie die Zellen des Volvox in regelmäßigem Abstand getrennt und doch durch Beziehungen verbunden sind, so auch die großgriechischen Pflanzstädte. Und die Übereinstimmung geht weiter. Man legte sie nie in zu großem Maßstab an und ging mit dem Umkreis der Mauern nicht über $1^1/_2$ Stunden hinaus. Man duldete so etwa 30000 Menschen in einer Stadt. Vermehrten sie sich zu stark, so pflanzte man neue Städte. Die Menschen taten das sicher nicht aus einer bestimmten Theorie heraus, sondern instinktiv, wie der Volvox seine Brutknospen anlegt — und viel Unheil ist über den Menschen gekommen, als er diese leise mnemische Stimme, als die sich ja der Instinkt entpuppt hat, überhörte und seine „Kolonien" anwachsen ließ zu Groß- und Weltstädten, zu den 2 Millionen Berlins, den $3^1/_2$ Millionen New-Yorks und den 7 Millionen Londons. Das war „unorganisch" und mußte zur Pathologie führen. Es hilft nichts, daß London „von selbst" wieder in eine „Kolonie" von Städten zerfiel — die vielen Strafen an Leib und Leben, die ein Auflehnen wider die Naturgesetze mit sich bringt, sie bleiben in all unseren Großstädten doch im Schwang, als Massensterblichkeit des Proletariats, als „Verpöbelung" und chronische Unterernährung breiter Volksmassen. Zu Piccadilly gehört stets Whitechapel. Der Naturforscher hat darüber seine eigene Meinung: das kann nicht besser werden, solange wir nicht zum Prinzip der Natur zurückkehren. Und ein innerer Drang der Vernunft gibt ihm recht und stellt an die Spitze der Gartenstadtbewegung, die dem Elend der Großstädte „regulatorisch" entgegenwirken will, das Prinzip: Mehr als 30000 Menschen dürfen in einer Stadt nicht wohnen!*

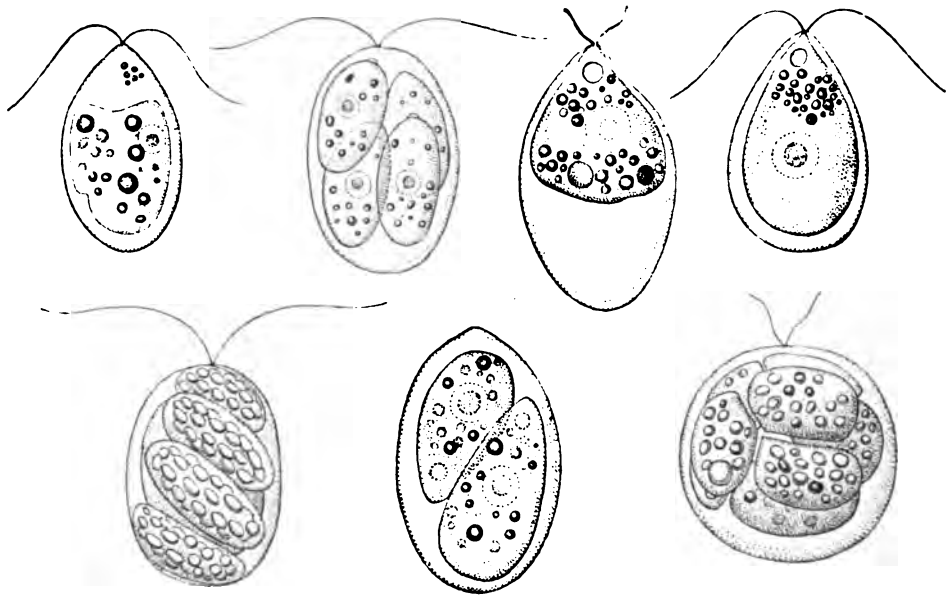
Welch merkwürdiger, heimlicher Faden schlingt sich also da vor unseren Augen vom Kugelpflänzchen zur Kulturgeschichte und zum modernsten sozial-hygienischen Streben! Und solcher Fäden zwischen Natur und Kultur gibt es so viele und so wichtige, und dem Denkenden steht eine ganze ungeschriebene Bibliothek vor Augen von dem, was zu wissen jedem so brennend nottut, nach welchem Wissen sich jeder heimlich sehnt — und von dem doch so wenige wissen, selbst unter den Naturforschern. Wie wenn wir losgerissene Blätter des großen Lebensbaumes wären, die verschmachten, weil sie den Zusammenhang verloren haben. . . .

Dieser Zusammenhang der Dinge ist es ja, dem nachzuspüren die einzig wahrhafte Aufgabe der Wissenschaft ist. Dinge kennen und beschreiben, das ist nur Kenntnis; aber mit geistigem Auge die Fäden sehen, durch die sie aufeinander und auf das Entfernte wirken, danach sehnt sich Wissenschaft, und nur wer ihr dieses Ziel steckt, erhebt sie zur ganzen Höhe, die des Menschen Geist erklommen. Und nur auf dieser Höhe wird sie auch im höchsten Sinne nützlich.

Es gibt ein verachtetes, nein, noch weniger als das, ein fast unbekanntes Wesen im Kreise der Volvocineen, das sich dafür als neues Beispiel eignet. Es ist die Jauche-

* Wer darüber mehr lesen will, sehe sich das Werk von E. Howard „Gartenstädte in Sicht" an.

alge (Polytoma Uvella, Bild untenstehend, auch Bd. II, S. 193, vergl. auch Bd. I, S. 454). Sie ist einer meiner Lieblinge; ich habe ihr im Jahre 1894 in den „Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik" eine besondere Monographie gewidmet und habe aus ihren Bewegungen meine Theorie der Pflanzenbeseelung experimentell sichergestellt.* Denn es ist eines der putzigsten Geschöpfe, denen man im Wassertropfen begegnen kann. Eine glashelle Zelle, mit Stärkekörnchen vollgestopft, oft, wenn auch nicht an jedem Fundort, mit einem roten Augenfleck, vorn am schnabelig ausgezogenen Ende mit zwei haarfeinen Geißelchen bewehrt, von einer Vermehrungsfähigkeit, die alles in Schatten stellt — das ist die Jauchealge. Sie trägt einen häßlichen Namen, sie wohnt auch nicht



Die Jauchealge (Polytoma Uvella) in verschiedenen Erscheinungsformen und allen Stadien der Vermehrung (2—8 Teilung). (Nach R. Francé, Die Polytomeen.)

im poetischen See, sondern am liebsten in der Mistpfütze des Bauers. Damit aber beginnt ihr Zusammenhang mit der Kultur. Polytoma assimiliert offenbar, sonst würde sie keine Stärke bilden, aber sie ist auch saprophil, d. h. sie zersetzt die Fäulnisstoffe und baut damit im Verein mit den Euglenen und Fäulnisspaltpilzen, die ihre fast unzertrennlichen Begleiter sind (mikroskop. Bild der Jauche Bd. I, S. 454), gerade jene chemischen Stoffe, deren die Getreidepflanze bedarf. Mit der derben Bestimmtheit des Landmannes gesagt: „Sie macht den Mist gar." Das riecht nicht für jeden gut, kommt aber allen zugute.

Kennt man diesen Zusammenhang der Dinge, dann wird man die kleine Jauchealge vielleicht eines ganz respektvollen Blickes würdigen und überrascht sein, die Bekanntschaft eines sehr drolligen Wesens zu machen, das rastlos tanzt und wirbelt und manche Eigenart verrät, wenn man es nur in rechter Weise befragt. Es liebt

* R. Francé, Experimentelle Untersuchungen über Reizbewegungen und Lichtsinnesorgane der Algen. („Zeitschrift für den Ausbau der Entwicklungslehre", 1908.)

nämlich nur mäßige Beleuchtung. Bietet man ihm die, so eilt es aus dem Dunkel ins Helle, und ihm ist darin so wohl, daß es dann oft vor einer verdunkelten Stelle im Präparat zurückprallt. Richtet man aber das Präparat so ein, daß nur ein enger Lichtspalt da ist*, der zum Teil von konzentriertem Sonnenlicht, zum Teil von abgeblendetem Licht bestrahlt wird, so sieht man den in diesem Werk so viel besprochenen Begriff der Reizverwertung, der die Grundlage unserer Theorie bildet, „lebendig illustriert". Aus den dunklen Regionen des Präparates eilen Polytomeen ins mäßig Helle, von da zum strahlenden, hellsten Licht. Aber dort prallen sie zurück und schießen hastig ins Dunkle, wenn sie nicht „lichtstarr" werden, was nämlich bei heftigen Reizen auch eintritt. Derselbe Reiz, der sie bei geringerer Intensität anzieht, stößt sie also bei stärkerer Intensität ab! Das ist typische Reizverwertung und so ergötzlich und lehrreich, daß ich mir nicht denken kann, es gebe auch nur einen Leser, der es nicht versucht, dies selbst zu sehen. Wem die hier gegebene Anleitung nicht genügt, der findet mehr darüber in der „Zeitschrift für den Ausbau der Entwicklungslehre (1908) oder in meiner Arbeit über die „Lichtsinnesorgane der Algen".

Zwischen dem Volvox und der Jauchealge, zwischen dem theoretisch und dem praktisch bedeutsamsten Vertreter der Kugelalgen, breitet sich aber noch eine ganze Welt von Wesen, von denen noch viele in mehr als einer Hinsicht bemerkenswert sind.

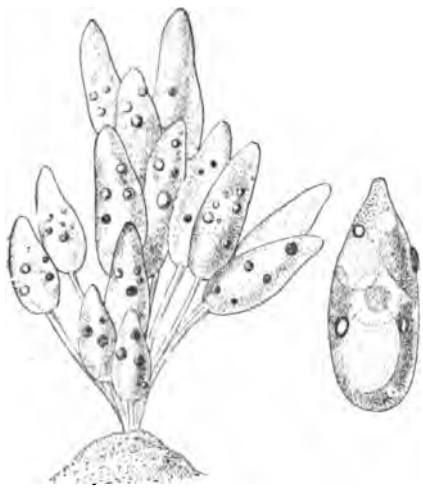
Da wäre die Schneealge (Haematococcus oder Sphaerella), die als H. pluvialis Pfützen in Steinmulden, als H. nivalis aber den Schnee der Hochalpen und der Polarländer karminrot färbt (vgl. darüber Bd. I, S. 131).

Seit J. Roß die „Crimson Cliffs" um das Kap York in der Baffinsbai entdeckte, die weithin blutig schimmern durch die „Blume des Schnees", hat man die kleine Schneealge nie wieder in solchen Mengen, wohl aber um den ganzen Erdball, in Kalifornien, Sibirien, auf den savoyischen und Tiroler Firnen und dem ewigen Schnee des südamerikanischen Pichincha gefunden. Das ist, pflanzengeographisch betrachtet, sehr merkwürdig und stellt die Wissenschaft vor die Wahl: entweder anzunehmen, die Schneealgen seien Überbleibsel der Flora einer allgemeinen Vergletscherung, wozu sonst keine Anhaltspunkte sind, oder aber sie seien überall selbständig aus Panzermonaden durch direkte Anpassung an ihre besondere Lebensweise entstanden. Denn daß sie nur Wind verbreitet habe, ist nicht gut anzunehmen, da ihr „Standort" ja nie genügend austrocknet, was die erste Bedingung dafür wäre; auch besinnt man sich denn doch, bevor man glaubt, daß der Wind Sporen von Kalifornien nach Ekuador wehen könne. Ein nordischer Botaniker, G. Lagerheim, der in den Anden forschte, hat übrigens von den dortigen Schneebergen eine ganze „Schneeflora" beschrieben, und seine nordischen Kollegen und Alpinisten haben es bestätigt, daß es auch braunen, gelben und schwarzen Schnee (Gletscherschwärze) gibt — Färbungen, die durch verschiedene Algen, wie Protococcus nigricans, verschiedene Chlamydomonaden (Chl. nivalis, asterosperma), eine Zieralge: Ancylonema Nordenskiöldii, Raphidium usw. hervorgerufen werden. Durch solche Erfahrungen aufmerksam gemacht, beachtete man auch bei uns

* Am einfachsten kann man das, wenn man auf großen Deckgläsern beobachtet, an deren Unterseite man schwarzes Papier klebte, in das ein kaum 1/3 mm breiter Schlitz geschnitten wird. Die Abblendung kann man durch blaues Papier bewirken, das, bei auf „Sonnennähe" eingestelltem Spiegel, dem „Lichtspalt" zur Hälfte untergelegt wird.

den Schnee und fand, daß auf ihm sowohl mancherlei Tiere (Podura usw.) als auch ähnliche Algen hausen, wie es denn überhaupt eine Irrmeinung ist, zu glauben, daß die Algen unter dem Eise sich nur auf ihre Dauerzellen zurückziehen. Prof. Lakowitz in Danzig hat uns eines besseren belehrt, und auf diesen Punkt gerichtete Aufmerksamkeit unserer Mikrokosmosfreunde kann die Wissenschaft mit viel Erfolg erweitern.

Warum sind aber die Schneealgen rot? Es ist sehr naheliegend, sich damit zufrieden zu geben, daß das Hämatochrom, wie man den roten Farbstoff nennt, wärmespeichernd wirke. Doch ist der Umstand zu bedenken, daß das nivale (schneeliebende) Raphidium grün bleibt und daß die Blutalge der Niederungen auch rot gefärbt ist. Sie färbt dadurch das Wasser geradezu blutig, was, wenn es sich in Weihwasserkesseln und sonstigen Vertiefungen von Grabsteinen einstellt (wie z. B. lange Zeit auf dem Petersfriedhof zu Salzburg), nicht wenig Aberglauben nach sich zieht, von dem uns gar ergötzliche Proben Ehrenberg in den Poggendorffschen „Annalen" anno 1830 in seiner Abhandlung über „die blutigen Erscheinungen" zusammengestellt hat.



Die Büschelalge (Chloranglum stentorinum Ehrb., St.). Links Kolonie auf einem Hüpferling, rechts eine zur Ruhe gekommene Schwärmerzelle, welche die Geißeln schon abgeworfen hat, aber noch den Augenfleck besitzt. (Original des Verfassers.)

Ich möchte nicht scheiden von den Volvocineen, ohne noch eines absonderlich lebenden Wesens zu gedenken, das auch in systematischer Beziehung einige Aufschlüsse gewährt: nämlich Chlorangium stentorinum (Ehrb.) St. (eine ähnliche Form ist Chlorodendron), das beistehend abgebildet ist. Das ist eine Panzermonadenzelle, die sich mit dem Mundfleck auf den munteren Hüpferlingen (Bild S. 25) und Wasserflöhen festsetzt, die den Weiher so anmutig beleben. Sie scheidet einen Gallertstiel aus, der sich auch verzweigt, und bildet so grüne Büschel, denen es behagt, durch die mächtigen Sprünge ihres Wirtes fortwährend durch das Wasser geschnellt zu werden. Hält man eine solche Büschelalgenkolonie unter dem Druck des Deckgläschens so lange, bis es im Tropfen an Sauerstoff mangelt, dann fängt sie an, sich auf ihrem Stiel zu drehen. Sie schraubt sich ab, streckt zwei Geißeln heraus und schwimmt geradeswegs an den Tropfenrand, um Luft zu suchen. In solche Schwärmerbildung verfällt sie auch bei der Fortpflanzung. Man versäume nicht, sich diese sehr spannende Belehrung über das Innenleben der Zelle selbst zu betrachten; im Frühjahr ist besonders in Überschwemmungstümpeln reichlich Gelegenheit dazu.*

Den Systematiker belehrt die Büschelalge darüber, wieso es kam, daß ein Teil der Chlamydomonaden festsitzende Lebensweise führt und dadurch so verändert wurde, daß man ihre wahre Natur erst neuerdings durch die Fortpflanzungsart erriet. Man unterscheidet sie als Familie der Tetrasporeen und benennt so ein halbes Dutzend Gattungen, von denen einige, wie Apiocystis, Palmodactylon und Tetraspora,

* Man beachte, daß auch die Euglenen in der Gattung Colacium (Bild S. 29) eine ganz ähnliche Lebensweise einschlagen!

schon altbekannt sind. Eigentlich sind es die Reste der alten Palmellenfamilie, die hin- und hergeworfen nun deshalb einen Unterschlupf bei den „Volvocales“ gefunden haben, weil sie alle nichts anderes als festsitzende Panzermonaden mit reichlicher Schleimausscheidung darstellen, die stets bereit sind, zu schwärmen, und dann von der Chlamydomonas gar nicht unterschieden werden können.

Ein großes Gesetz, das durch die ganze lebende Natur geht, spricht zu dem Philosophen aus dem Anblick dieser Geschöpfe. Die Form ist nichts, die Art zu leben ist alles. Jedes Lebewesen erschafft aus sich heraus die Gestalten, in denen sein Leben verläuft. Es erschafft sich, um die chemisch-physikalischen Prozesse zu regeln, durch die es sein Leben erhalten muß, gemäß den Sonderumständen seiner Lebenslage eine wechselnde Organisation, das „Kleid“, in dem es uns erscheint. Daher ist das gleiche Wesen oft so verschieden gekleidet, daher erscheinen oft die verschiedensten Wesen im gleichen oder ähnlichen Habit. Wir haben hier die Panzermonade in den seltsamsten, oft ganz abenteuerlichen Verkleidungen verfolgt und auf den verschiedensten Organisationsstufen gesehen. Im Urzustand als einzelschwärmende Alge, in Sonderanpassungen an das Schneeleben, im Harnisch wie ein Ritter, zurückgesunken zum träge ruhenden Schleimballen und aufsteigend auf der sozialen Leiter, in den mannigfachsten, kläglichen und klugen Versuchen der Gemeinwesenbildung, bis sie im Volvox den Höhepunkt erreichte. Und wir haben uns überzeugt, wie damit eine Steigerung der Fähigkeiten eintrat. Die Fortpflanzung gelangt zu feinen Hilfsmitteln, die Sinnesorgane lokalisieren sich, werden größer, also wohl brauchbarer, es bildet sich ein generativer Pol, dessen Zellen sich nur den Elternpflichten widmen.

Damit sind die Pergamente der Urgeschichte der Kultur entrollt. Denn nach solchen Gesetzen, mit solchen Mitteln muß sich das soziale Leben auf Erden überhaupt entwickelt haben. Warum? Weil wir heute noch im menschlichen Gesellschaftsleben die gleichen Prinzipien wiederfinden, wie im Leben der Volvocineen. Es leben ja auch innerhalb der Lebensform: Mensch noch alle Stadien zu gleicher Zeit; einzeln schweifende Wilde mit allen Sonderanpassungen, je nachdem ihnen die Verhältnisse von der Polarnacht bis zum Tropenwald gestatten zu leben; wir finden die mannigfachsten Versuche zur Vereinigung, von der patriarchalisch regierten Horde bis zur Stadtkultur; alle Ansätze, vom völligen Individualismus des Einzellers bis zur Arbeitsteilung. Nur ist beim Menschen alles, entsprechend seiner höheren Lebensstufe, seinem gewaltig höheren Geiste, es sind seine Hilfsmittel und „Lebensformen“ verwickelter. Um so lehrreicher ist es, den allerersten Anfang jenes Weges zu erkennen, auf dem das Leben zu seiner heutigen Vollendung gedieh. Um so tiefer wirkt die Einsicht in die Großartigkeit der Tatsache, daß das gleiche Naturgesetz im selben Augenblick eine ganze Welt mit ihren Infusorien und Halbgöttern so gelassen regiert, als sei das alles selbstverständlich, was den grübelnden Kopf als das Herrlichste und Geheimnisvollste im Himmel und auf Erden niederdrückt — und zugleich erhebt, weil er selbst ein wunderwirkendes Atom des Wunderbaren ist*.

* Wem daran gelegen ist, von diesen Betrachtungen aus Anschluß an die Bestrebungen der modernen Sozialbiologie zu finden, dem sei als Erstes der vortreffliche Vortrag von Prof. E. Waxweiler empfohlen: La vie dans les phénomènes sociaux (Bulletin de l'Inst. Gén. Psychol. Paris 1906).

Was von den Grünalgen noch übrig ist, läßt sich in Kürze darstellen, da nur wenige Pflanzen darunter sind, die für Wissenschaft und Bildung Bedeutung besitzen. Wenn schon bisher des öfteren bei dieser oder jener Algengruppe behauptet wurde, daß man sich in ihr wegen der Überfülle an Gestalten schwer zurechtfinden könne, so gilt das verzehnfacht für diesen Teil der Grünalgen. 16 Familien* unterscheidet der eine Algenkenner (N. Wille), 6 Reihen von undurchführbarer Abgrenzung der neueste Bearbeiter ihrer Systematik (Oltmanns), der sich ganz den Forderungen der Entwicklungslehre angepaßt hat und es versucht, alle verwickelteren Grünalgen aus ihren einfachsten Formen, im letzten Betracht aus Flagellaten und Urkugeln abzuleiten. Früher hat man diese Pflanzen ausschließlich nach den Erscheinungen ihrer Fortpflanzung unterschieden und war dadurch gezwungen, sie mit Pilzen zu vereinigen. Ein solches System findet sich z. B. in den seinerzeit hochberühmten Lehrbüchern von J. v. Sachs. Doch die fortschreitende Erkenntnis, erlangt aus zahllosen Einzeluntersuchungen, machte dies unhaltbar und wird auch die jetzt bestehenden Systemversuche noch umstürzen. Es kann daher gar nicht zu den Aufgaben unseres Unternehmens gehören, sich in derartige Erwägungen über Verwandtschaftsanzeichen einzulassen, sondern es genügt für die praktischen Zwecke des Lernenden, sich zu merken, daß diesen Algen Vielzelligkeit, rein grüne Assimilationsorgane, ungeschlechtliche Vermehrung durch Schwärmsporen, außerdem aber hochentwickelte Geschlechtlichkeit gemeinsam sind. Alle übrigen Eigenschaften sind höchst variabel. Als die wichtigsten Gruppen muß der Naturfreund die Hautalgen (Ulvaceen), Kraushaaralgen (Ulothrichaceen), die Borstenalgen (Chätophoraceen), die Schwärmeralgen (Ödogoniaceen), die Scheibenalgen (Coleochätaceen), die Wasserfäden (Cladophoraceen), die Schlauchalgen (Siphoneen) und die Armleuchtergewächse (Characeen) kennen lernen, denn er begegnet ihnen im Süßwasser und Meere überall. In der Volksschule genügt es, wenn der Lehrer den Bachwasserfaden (Conferva oder Cladophora) vorzeigt, an einem Armleuchtergewächs die roten „Früchtchen", an einer Schwärmer- oder Schlauch-Alge die Bildung der Zoosporen sehen läßt, — im biologischen Unterricht der höheren Lehranstalten wird es sich nicht umgehen lassen, die Schüler dazu noch mit dem Veilchenstein und (wo kein lebendes Material beschafft werden kann) Herbarexemplaren von Caulerpa, Ulva und dem einen oder anderen der größeren marinen Grüntange bekannt zu machen, als Beispiel, wie schon in den Urzeiten als unmittelbare Nachfolger der Einzeller eine höchst ansehnliche Pflanzenwelt die Meere erfüllen konnte.

Wer sich jedoch in die Schönheit dieser untergetauchten Welt durch eigenes Forschen versenken will, dem wird folgendes willkommen sein: Die grünen Faden- und Blattalgen finden sich sowohl im Süßwasser als im Meere und an der Luft. Es gibt unter ihnen reine Luftpflanzen, deren bekannteste die Veilchensteinalge (Trentepohlia Jolithus (L.) Wittr., Bild S. 273) und ihre Verwandten, in Gebirgs-

* Dies sind die Ulothrichaceae, Ulvaceae, Chaetophoraceae, Cylindrocapsaceae, Mycoideae, Oedogoniaceae, Sphaeropleaceae, Botrydiaceae, Derbesiaceae, Bryopsidaceae, Vaucheriaceae, Caulerpaceae, Codiaceae, Valoniaceae, Dasycladaceae und Characeae.

gegenden sehr häufig Felsen und Bäume mit gelbbraunen Krusten überziehen*. Auch amphibische Grünalgen gibt es. Eine solche ist namentlich Vaucheria terrestris, die mit grünen Spinnweben auf feuchten Äckern, schattigen Waldwegen und in Gewächshäusern Erde und Blumentöpfe überzieht. Botrydium granulatum (Bild Bd. II, S. 188) und Bumilleria sind sehr häufig in feuchten Mulden mit lehmiger Erde; eine seltene Schwärmeralge (Oedocladium protonema) lebt wie ein Moos ständig auf der Erde, und wer da genauer forscht, wird sicher noch manche bisher unbekannte „Erdalge" entdecken. Im Süßwasser sind die gemeinsten wohl die Wasserfäden (Microspora, Conferva, Cladophora, Bild S. 271), die in Flüssen und Bächen die Steine, Pfähle, Mühlengitter mit langflutenden grünen Bärten besiedeln. Auch sonst sind es fast stets fädige Formen (Vaucheria, Oedogonium, Sphaeroplea, Ulothrix, Bilder S. 278, 268, 273 und 269), deren man in jedem stehenden Gewässer habhaft werden kann. In moorigen Tümpeln bilden Draparnaldia und Stigeoclonium (Bild S. 271) grüne Kügelchen an Halmen, und Coleochaete (Bild S. 271) legt sein winziges Scheibchen an Moose.

Ganz anders treten die grünen Meerestange auf. Sie haben mehr oder minder die Gestalt höherer Pflanzen und sind immerhin groß. Die Moosalge (Bryopsis) der wärmeren Meere ist 5 cm hoch (siehe die Bilder), die reizenden Caulerpa-Algen (siehe das Bild und die Tafel zu S. 58, Bd. II), die leider nur in den tropischen Meeren gedeihen und im Mittelmeer bloß in ganz bescheidenen Formen wuchern, imitieren in Größe und Gestalt (bis 10—15 cm lang) unsere kleineren Farne; die Sonnenschirmalge (Acetabularia) ist bis 8 cm hoch, doch wie ein hinfälliges Pilzchen anzusehen (s. das Bild), wenn sie auch stark mit Kalk überzogen ist. In unseren nördlichen Meeren sind Grüntange nicht sonderlich vertreten. Die großen Blätter des Meersalates oder Meerlattichs (Ulva latissima L. und Lactuca) und Valonien sind an Klippen überall gemein, ebenso Enteromorpha; Codium tomentosum

Caulerpa-Arten der tropischen Meere in natürl. Größe. (Nach E. Haeckel.)

* Man darf sie jedoch nicht verwechseln mit goldigglänzenden Krusten in Felsmulden (im Riesengebirge „Goldene Schüsselsteine" genannt), die meist Zygoten von Volvocineen enthalten, also nach einem Regen ergrünen.

Huds. ist an den skandinavischen Küsten zu finden, dagegen sind Ulothrix, Hormidium, Chaetomorpha, Rhizoclonium und Cladophora auch im Meere und Brackwasser ebenso gemein, wie im Süßwassertümpel.*

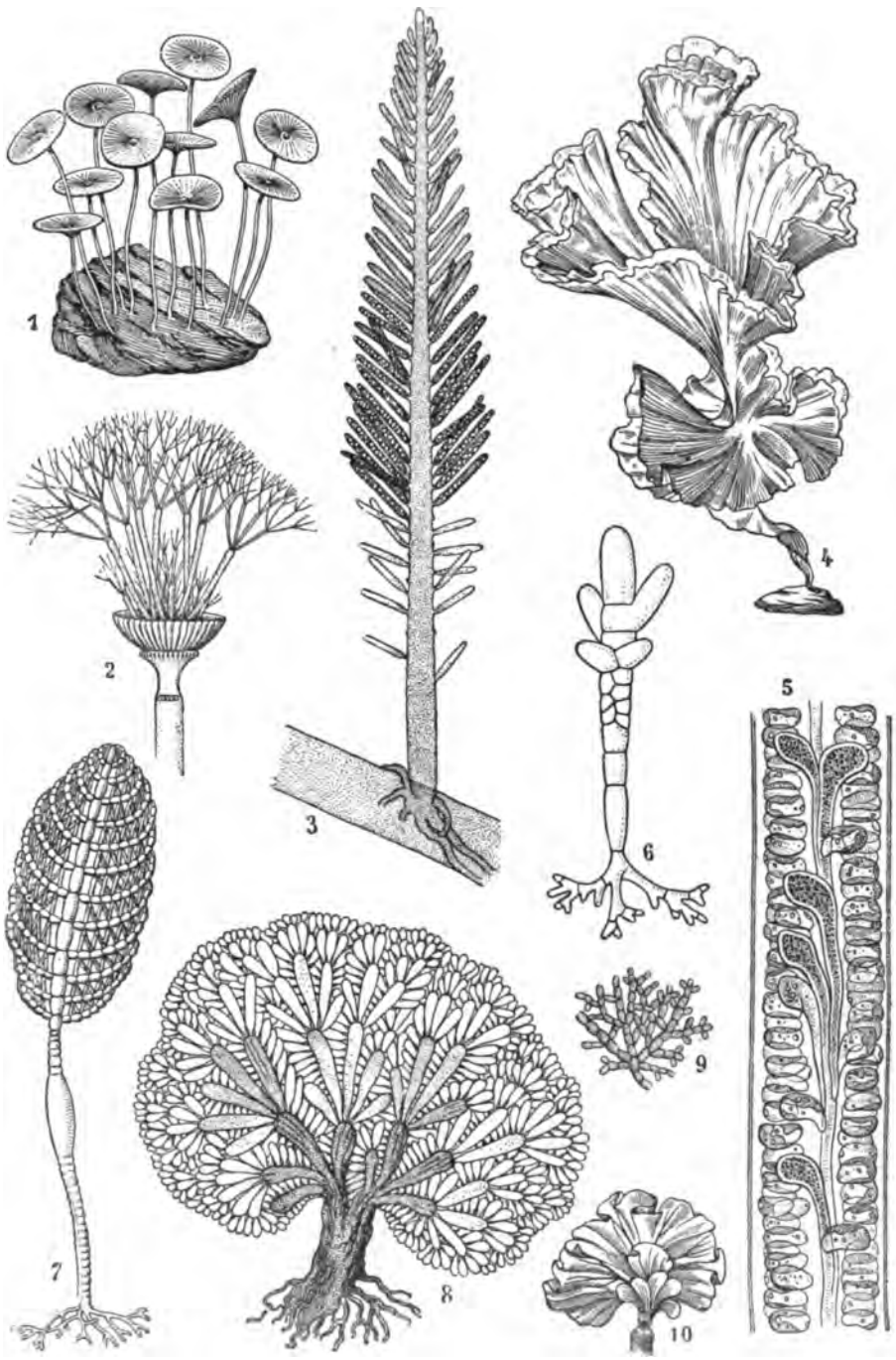
Es braucht also niemand besorgt zu sein, daß er sich nicht genügend Studienmaterial verschaffen könne. Und wer die Gestaltung der Blütenpflanze so recht verstehen will, der versäume auch nicht, ein paar Stunden dem Anblick dieser Geschöpfe zuzuwenden und einmal in einem botanischen Museum die stets gern gewährte Erlaubnis einzuholen, sich die Grüntange der Sammlung anzusehen und sie abzeichnen zu dürfen.**

Da kann er denn eine „Gestaltungskraft mit einfachsten Mitteln" bewundern, die den Schlüssel in die Hand gibt, wieso die Pflanzenzelle dazukam, ihre „Kolonien" so prächtig zu gliedern und in Arbeitsteilung und höchster Schönheit zu organisieren, wie wir das täglich in der Natur vor Augen haben. Die Elemente dieser Kunst hat sie eben auf der Lebensstufe der Grüntange erlernt. Die wenigen Bilder, auf denen hier einige der Hauptgestalten vorgezeigt werden können, geben leider nur einen unvollkommenen Begriff von der Eigenartigkeit dieser Geschöpfe.

Das Süßwasser beherbergt die einfacheren unter ihnen, eine Tatsache, für die man noch keine Erklärung hat. Die Zellenfäden der Kraushaaralge oder von Conferva bombycina und Oedogonium sind, rein morphologisch genommen, auf ganz gleicher Stufe mit den fädigen Jochalgen, deren langsame Ausbildung aus einzelligen Zieralgen wir bereits (S. 212) verfolgt haben. Freilich ist der feinere Bau eines Conferva- oder Microspora-Fadens (vgl. Bild auf S. 271) etwas ganz Eigenes, da ihre Zellhaut aus kappenförmig übereinandergreifenden Häuten besteht; er kommt also eigentlich durch andere Vorgänge zustande, wie der Faden der Schraubenalge. Auch steckt schon im einfachsten Hormidium-Faden die Fähigkeit, sich auch der Länge nach zu teilen und so eine Zellfläche hervorzubringen. (Das hielt man früher für eine besondere Pflanze und nannte sie Prasiola crispa). Damit ist ein Anhaltspunkt gewonnen für den Gedanken, daß die Fadenform der Grünalgen keine „Normalform", sondern eine Sonderanpassung darstellt, eine Anpassung an die Lebensweise, wie sie uns in der Erscheinung der höheren Pflanze, im Wuchs der Xerophyten und Hygrophyten (vgl. Bd. I, S. 22), in der Erscheinung der untergetauchten Ranunkeln, der flutenden Seegräser und Vallisnerien entgegentritt. Wer die wallenden, verästelten Büschel der Wasserfäden (Cladophora), die zierlichen Sträuchlein der Draparnaldien oder den „Pinsel" von Penicillus, das Bäumchen der Moosalge (Bryopsis, s. das Bild) mit den genannten Wasserpflanzen in Hinsicht auf ihre Wuchsform vergleicht, wird nicht umhin können, diese weitgehende Ähnlichkeit aus der gleichen Lebensweise, schärfer umschrieben, aus dem gleichen Anpassungsbedürfnis abzuleiten. Damit ist aber wieder als Gesetzmäßigkeit des Lebens in sehr lehrreicher Weise erkannt

* In der Nord- und Ostsee kommen noch vor: Monostroma Grevillei, Enteromorpha Linza und compressa, Cladophora rupestris, lanosa, arcta, sericea, Chaetomorpha und Bryopsis plumosa.

** Solche Museen gibt es außer in allen Universitätsstädten (in Verbindung mit den botan. Instituten) noch in den wiss. Stationen zu Helgoland, Bergen (Norwegen), Rovigno (Istrien), Neapel, ferner in Dresden, Stuttgart, Frankfurt a. M. (Senckenbergsches Institut), Hamburg (Botan. Staatsinstitut), Köln, Bremen usw.



Grüntange des Meeres.

1—2 = Acetabularia mediterranea, erwachsener (1) und jugendlicher Schirm. 3 = Bryopsis cupressoides mit reifen und leeren Gametangien. 4—5 = Ulva Lactuca. Ganze Pflanze in natürl. Größe (4) und Längsschnitt des Blattes vergrößert (5). 6 = Siphonocladus pusillus. 7 = Struvea sp. 8 = Anadyomene flabellata. 9 = Verzweigung von Microdictyon Montagneanum Gray. 10 = Anadyomene stellata (Wulf.)
[Nach Oltmanns (1, 2, 3, 8), Schmitz (6), Thuret (4, 5), Murray (7), Montagne (9), Kützing (10).]

das Gesetz der Konvergenz, das, universell wie alle Lebensgesetze, auch im Tierreich wiederkehrt und dort seine gemeinbekannten Paradebeispiele in der Ähnlichkeit von Walen und Fischen, Schlangen und Würmern hat. Man darf also sagen: Gleiche Lebensweise zieht gleiche Lebensformen nach sich, oder in anderer Anwendung: die Ausbildung der Organe hängt von den Lebensumständen ab.

Wer sich denkend in die Bedeutung dieser Sätze vertieft, der gewinnt den Grünalgen doch noch ganz besonderes Interesse ab, denn er versteht von da ab viel mehr von ihrer Gestaltung. Er sieht ein, warum Armleuchtergewächse, warum Anadyomene, Caulerpa, Penicillus, Struvea, Draparnaldia (vergl. die Bilder) und andere Algen, die in seichtem, ruhigem Wasser wachsen, so auffällig Bäumchen- und Sträucherform annehmen. Sie wollen das Licht ausnützen zur Assimilation, passen sich also in gleicher Art diesem Zwecke an, wie die Sträucher und Bäume des Waldes. Wenn man ganz ruhig im Kahne über einen Rasen von Armleuchteralgen dahinfährt und auf den Grund niederblickt, so sieht man auf ein Mosaik, wie es aus der Vogelschau auch der Wald bietet: alle Sproßstellungen sind so reguliert, daß allen ihr Bedarf an Licht zuteil wird.

Worüber sich philosophische Köpfe in phantastischen Spekulationen ergingen: warum denn die unterseeischen Wälder so überraschend das oberirdische Pflanzenleben kopieren, das ist damit seiner natürlichen Erklärung nahe gerückt.

Wenn man das Prinzip auf die Einzelfälle anwendet, bewährt es sich stets aufs neue. Die Grünalgen der reißenden Bergbäche — es sind namentlich Conferven und Cladophoren — und der Meeresbrandung erinnern alle an die Seegräser. Es sind Riemen, Peitschen, Fäden, im engeren sehr zugfest gebaute Bänder und so vor dem Zerreißen geschützt.

Liebevolle Betrachtung von Einzelfällen führt dabei auf immer größere Achtung vor der Zwecktätigkeit, mit der diese Algen handeln. Halimeda Opuntia (L.) Lamx. (Bild S. 281) hat, wie ihr Name sagt, die Wuchsform des Feigenkaktus. Die Pflanze sitzt ungescheut in der Brandungszone der Klippen. Sie ist in allen Teilen, wie sehr viele der Tange, mit Kalk inkrustiert, also zerbrechlich, zerbricht aber doch nicht unter dem Anprall der Wogen. Wie kommt das bei einem so zarten Geschöpf? Weil sich die Alge im Ansatz der Scheiben beweglich erhalten hat; sie hat sich dort Gelenke geschaffen, an denen sie keine Kalkablagerung duldet. Dadurch ist sie biegsam und schmiegsam und kann von den Vorteilen bewegten Wassers, als da sind: gute Durchlüftung, keine Feinde, viel Nahrung, profitieren. Und das ist nur ein Beispiel unter vielen, die man mit großem Vergnügen am Meeresstrand und im Herbar studieren kann.

Diese Algen haben alle die Gewebebildung erfunden und beherrschen sie mit Meisterschaft. Einige Beispiele mögen dies erläutern. Der Meersalat (Ulva), der ein breites, gekräuseltes Blatt ausbildet (siehe die Bilder), hat die Kunst von Anadyomene und Struvea nur verbessert, und Struvea hat ein Vorbild wieder in Microdictyon, das eigentlich noch ein Sträuchlein ist, dessen Zweigenden aber miteinander verwachsen und so ein Netz herstellen. Draparnaldia (Bild S. 271) ist noch einfacher, Cladophora (Bild S. 271) nur noch ein verzweigter Zellfaden, und so ist eine ganze Reihenfolge stufenweiser Vervollkommnung erhalten. Man sieht es gewissermaßen noch immer, wie es der Einzeller in der Jugend der Erde lernte, Netze und Gewebe zu bilden, aus

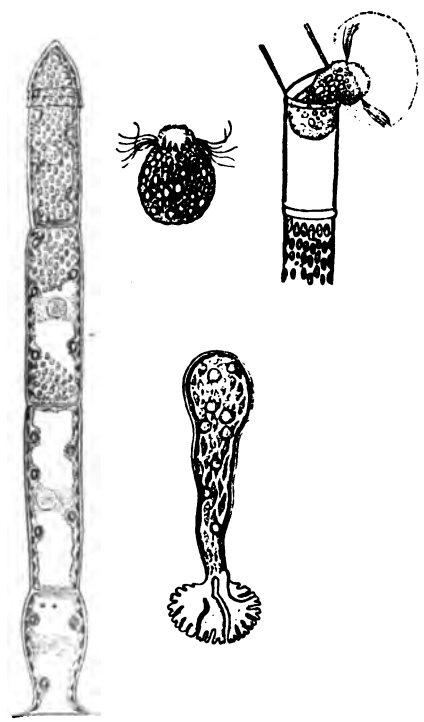
denen er dann in späteren Erdperioden so meisterhaft die vielstöckigen Gebäude der Blütenpflanze zusammensetzt. Schon bei den Grünalgen treten in den Geweben Verschiedenheiten auf, die sich wieder nur aus der Lebensweise erklären lassen. Damit die breiten Blätter nicht durch die Wellen leiden, sind sie nicht nur so weich, daß sie sich der leisesten Strömung fügen, sondern die Pflanze hat eine weitere Erfindung gemacht. Udotea, Caulerpa u. a. haben Blattstiele entwickelt und damit den biologischen Zweck solcher klargelegt; die Blätter können daran pendeln. So finden wir denn eine Menge Laubalgen am Meeresgrund mit Blättern und Blattstielen, die (so bei Udotea) im Zellgewebe Mark und Rinde, am Grunde Haftfäden (Rhizoiden [siehe das Bild S. 263]) unterscheiden lassen, also ganz wie eine höhere Pflanze auftreten, ohne daß alle diese Blätter, Stiele und Wurzeln mit den gleichnamigen Organen der Blütepflanzen oder der Moose irgendetwas zu tun hätten. Es ist alles nur Konvergenz, parallele Anpassung.

Wunderbares ließe sich anhäufen, wenn man eine besondere Studie über die Anpassungen der Grünalgen schreiben wollte. Von den Krustenalgen, den Polstern und Scheiben, die im Süßwasser auf Fadenalgen kriechen (Aphanochaete) oder sich als Scheibe an andere Algen oder untergetauchte Gegenstände anlegen (Coleochaete), von parasitischen Grünalgen, die, wie Phyllosiphon Arisari, in den Blättern von Blattpflanzen schmarotzen und wie Bandwürmer rückentwickelt sind zu einfachen verzweigten Schläuchen mit ganz rückgebildeter Fortpflanzung, von den Gitteralgen, die wie Struvea in ihrer Scheibe Poren offen halten, damit die Gewalt der Strömung sie unversehrt lasse und noch von manchem anderen könnten anziehende Bilder gezeichnet und viele Seiten vollbeschrieben werden — aber man schlage doch das Buch der Natur selbst auf und wird höchsten Genuß empfinden bei den Versuchen, sich mit dem angegebenen Erklärungsprinzip durch eigenes Denken weiter zu behelfen. Und man wird davon den Nutzen haben, den uns kein geringerer als Goethe vor Augen rückte, als er auf das gründliche Studium der Natur als die sicherste Sprosse hinwies, um zu einer höheren Bildungsstufe aufzusteigen.

So vielgeformt nun auch diese der Gemeinbildung noch so weit entrückte Lebewelt ist, ihre Fortpflanzung bewahrt das Ursprüngliche, Einfache ihres „Ranges“ und verrät, daß diese Gewächse, so blütenpflanzenhaft sie sich auch gebärden mögen, doch erst die unterste Stufe dessen erklommen haben, wozu es eine Pflanze bringen kann.

Alle Grünalgen bilden ungeschlechtliche Schwärmsporen (Zoosporen), d h. der Inhalt ihrer Zellen kann seine Hülle sprengen bezw. auflösen, und es zeigt sich dann, daß er eigentlich ein eingesperrtes Geißelzellchen war, das nun mit Wimpern rudert, einen Augenfleck entwickelt und seine Sinne gebraucht, um ein passendes Plätzchen zu suchen, wo es zur Ruhe kommt und „keimt“. Dabei treibt es Haftfäden und nimmt Zellteilungen vor, um aus sich wieder ein ganzes Pflänzchen herzustellen. Die Pflanze macht also einen zeitweiligen Flagellatenzustand durch, der lehrt, daß sie wahrscheinlich auf Flagellaten zurückzuführen ist, den aber die uns vorausgegangene Naturforschergeneration viel poetischer deutete, als sie die Behauptung aufstellte, die Pflanze erlebe einen Moment der Tierwerdung. Und wirklich, wenn man das phantastische Schauspiel vor Augen hat, wie so ein starrer Algenfaden auf einmal Infusorien aussendet, die munter davonschwimmen, so begreift man den großen Enthusiasmus,

von dem sein erster Entdecker, der Wiener Botaniker Franz Unger, darob ergriffen wurde. Die Kraushaar- (Ulothrix), Schwärmer- (Oedogonium [siehe das Bild]) und Schlauchalge (Vaucheria) sind überall vorhanden, und ihre Schwärmerbildung ist sehr leicht zu erzwingen, wenn man sie, frisch eingesammelt, in helles Licht rückt und auf flachem Teller (reichlicher Durchlüftung halber!) mit frischem Wasser übergießt. Schon nach zwölf Stunden wogen dann gewöhnlich die Zoosporen am besser belichteten Rande des Gefäßes als grüner Saum. Und wem ernstlich darum zu tun ist, sich oder seinen Schülern einen wirksamen Begriff von der Identität des Pflanzenlebens mit dem tierischen zu verschaffen, der sollte diese Tierwerdung der Pflanze selbst beobachten.



Die Vermehrung der Schwärmeralge (Oedogonium sp.). Links ein junger Zellfaden, daneben oben ein Schwärmer; rechts Stück eines Fadens, aus dem ein Schwärmer soeben entschlüpft. Unten rechts ein zu Ruhe gekommener Schwärmer, der zu einem Faden auswächst. Etwa 250fach vergr. (Original des Verfassers.)

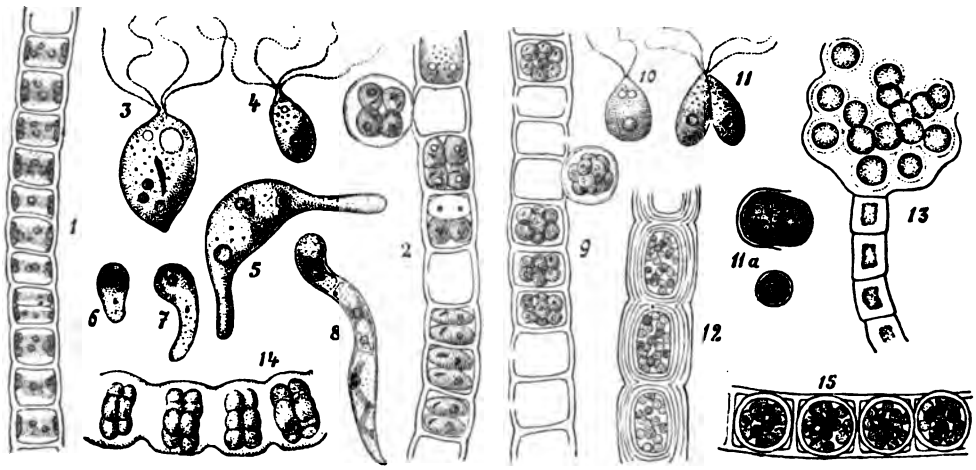
Außer durch Schwärmerbildung pflanzen sich die Grünalgen auch geschlechtlich fort, meist in ebenso verwickelter Weise wie der Volvox. Die Unterschiede im einzelnen sind nicht sehr groß — mit Ausnahme der Armleuchteralgen, die darin eine Sonderstellung verdienen, daher auch Sonderschilderung heischen. Es nützte nichts, die kleinen Unterschiede der anderen zu erörtern, bevor man ihre Lebensweise und Eigenart, aus der sich das alles ableitet, kennt; es nützte aber auch nichts, die etwa 100 bisher bekannten Gattungen oder gar die 1400 Arten* auch nur in einem Überblick zu schildern, da gleiche Züge, wenn auch in anderer Kombination, immer wiederkehren. Unsere Absichten werden dann am besten erreicht, wenn wir nur diejenigen Gattungen in Lebensbildern aufführen, die dem Forschenden stets vor Augen kommen, dem Denkenden aber Anhalt gewähren, um höhere Aussichtspunkte zu erklimmen.

Die erste dieser Gattungen ist die Kraushaaralge (Ulothrix). Von etwa 30 Arten ist U. zonata (Web. et Mohr.) Kg. am häufigsten. Der Schweizer Professor A. Dodel hat sie in einer wunderschönen Monographie in den „Jahrbüchern f. wiss. Botanik" 1876 auf das liebevollste geschildert. In rasch fließenden Bächen, in Brunnen oder in der schon vom Wellenschlag bewegten Zone der Seen wird man sie wohl selten

* Die artenreichsten Gattungen sind: Cladophora (ca. 300 Arten), Oedogonium (ca. 40), Nitella (ca. 80), Caulerpa (ca. 80), Chara (ca. 70), Chaetomorpha (ca. 50), Rhizoclonium Bulbochaete etc. (je 40 Arten), Enteromorpha, Ulothrix, Stigeoclonium, Trentepohlia (mit je 30 Arten) Conferva, Bryopsis, Vaucheria mit je 25 Arten. Alle anderen Gattungen haben weniger Arten, ja es gibt Familien mit nur einer Gattung und einer Art, so z. B. Gomontia Sphaeroplea, Phyllosiphon.

vergeblich suchen, um so schwieriger ist sie im Zimmer am Leben zu erhalten. Dies gelingt (nach Klebs) eigentlich nur dann gut, wenn man ihr ständig einen Wasserstrahl zuleitet. Mit anderen Worten: Vorkommen und Kulturbedingungen deuten darauf, daß dieses berühmt gewordene Pflänzchen die Luft sehr liebt. Eines seiner Verwandten (Hormidium nitens, flaccidum etc.) ist sogar eine ganz ausgesprochene Luftpflanze. Sie besiedelt Baumrinden, feuchte Erde und zerfällt dort in bakterienartige, jedoch grüne Stäbchen, jedem Algenforscher wohlbekannt als Stichococcus, der einst als besondere Gattung der einzelligen Algen (z. B. in Nägelis Werk) angesehen wurde.

Schon das deutet auf eine gewisse Leichtigkeit des Lebensablaufes, die man bei längerer Beobachtung der Kraushaaralge mit Erstaunen sich selbst übertreffen sieht.



Die Lebensgeschichte der Kraushaaralge (Ulothrix).
1—11 = U. zonata. 1 = vegetativer Faden, der in 2 zur Schwärmsporen-, in 9 zur Gametenbildung schreitet, in 12 Akineten und in 13 Palmellen bildet, in 14 in das Schizomeris-Stadium übergeht, in 15 zu Hypnosporen zerfällt. 3 = Makro-, 4 = Mikrozoospore. 5 = Keimung der Makrozoospore. 6—8 = Keimung der Mikrozoospore. 10—11a = Gameten in Vereinigung (nach Klebs, Gay und Cienkowski).

Ulothrix bildet unverzweigte Fäden, die sich mit einer farblosen Zelle anheften. Am Faden selbst ist nicht viel zu sehen: Plasma, ein goldiggrünes Farbband mit Stärkekernen, ein Zellkern. Diese Zellen teilen sich unter Umständen in vier Teile. Und jeder Teil hat dann einen Farbkörper, einen „Mundfleck", ein großes rotes Auge, eine pulsierende Vakuole und 4 Geißeln — und dazu die Fähigkeit, ein Loch in die Wand der Mutterzelle zu bohren. Man nehme das nicht als selbstverständlich hin und man wird finden, daß die Pflanze eigentlich ein viel interessanteres Wesen ist als das Tier. Jawohl, „ein in eine Holzschachtel gespertes Tier", — dieses Wort Huxleys sollte das Motto aller botanischen Lehrbücher sein.

Diese Makrozoosporen bewegen sich je nach den Umständen ½—24 Stunden lang. Dann saugen sie sich an dem gewählten* Ansiedlungsplatz fest und strecken zwei Fäden aus: einen grünen, als erste Zelle des künftigen Fadens, und einen farblosen:

* Man darf wohl den Ausdruck gebrauchen, denn welchen Zweck, als den, eine passende neue Wohnstätte zu suchen, hätte denn sonst ihre Beweglichkeit?

als Wurzelfaden. Damit ist einer neuen Pflanze das Leben gegeben. Klebs fand, daß die Kraushaaralge auch Mikrozoosporen hat. Der ganze Unterschied ist, daß diese kleiner sind und noch mehr für das Licht empfindlich.

Dann sind auch Gameten da. Sie haben nur zwei Geißeln, sind lebhaft wie Kinder und offenbaren wieder einen beachtenswerten Zug aus dem Innenleben der Pflanze. Die Gameten desselben Fadens sind einander gleichgültig — aber mit denen eines fremden Fadens verschmelzen sie. Der Inzucht ist damit vorgebeugt, und wer das Rätsel der „Sympathie" der Geschlechter studiert, darf das kleine grüne Flöckchen im Brunnen nicht vergessen. Das hat auch mitzureden dabei.... Die Zygote schenkt neuen Schwärmsporen und damit Fäden das Leben.

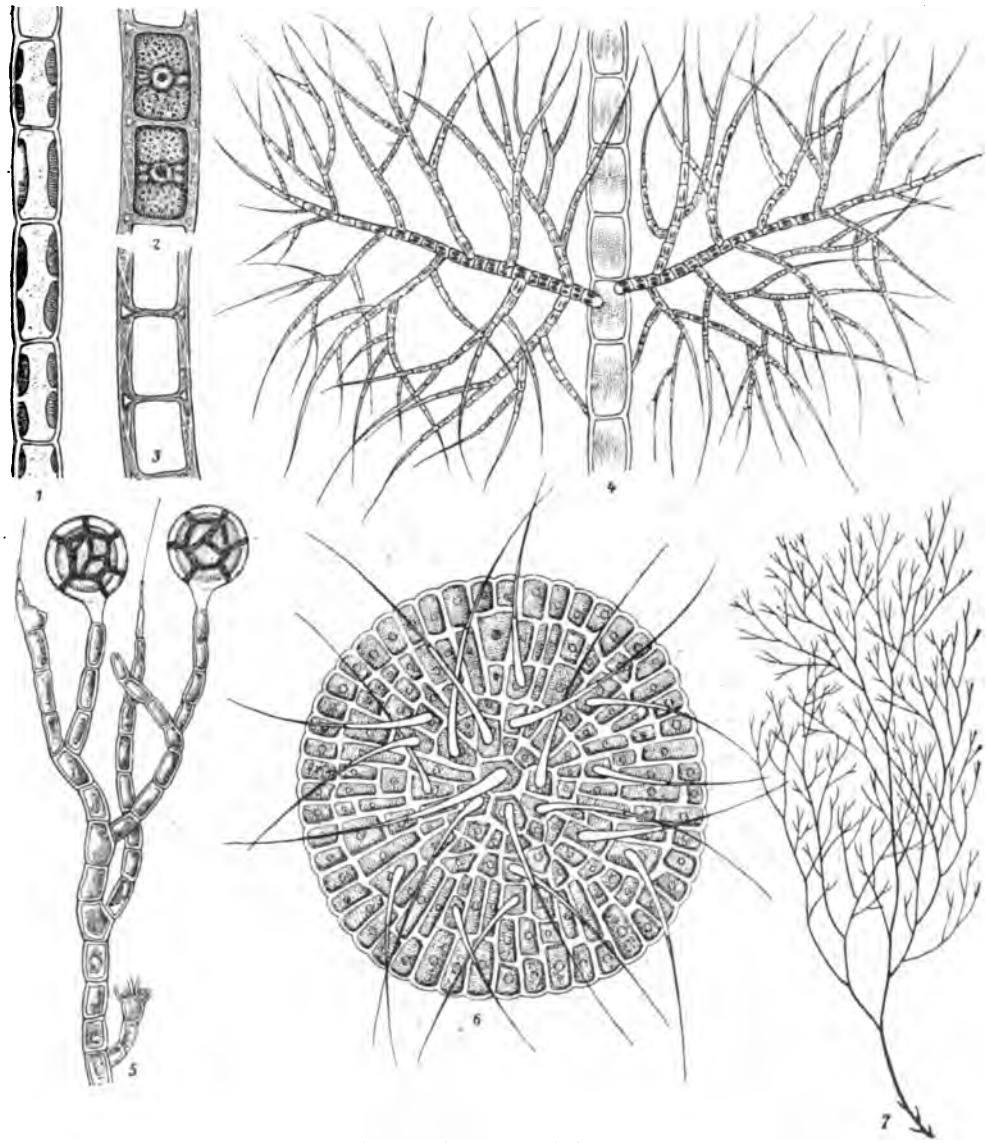
Dann gibt es auch Akineten. Wenn die Fäden ungesund leben — also im Studierzimmer, in der Nährlösung, was immer Lazarett und Krankenkost für sie bedeutet — zerfallen sie unter Verquellen der Wände in Einzelzellen oder kapseln sich ein (Hypnozysten). Oder die Zellen werden amöbenhaft, kriechen ein wenig umher, dann verkapseln sie sich (Aplanosporen oder Hypnosporen) oder bilden Palmellen oder ganze Päckchen von Zellen (Schizomeris-Stadium). Das alles sind Kunstgriffe der um ihr Leben ringenden Kraushaaralge, die sich damit vor der Schädlichkeit ungesunder Verhältnisse schützen will, — eine intelligente Aktivität, die Staunen, ja mehr als das, die Ehrfurcht erweckt und stürmisches Verlangen, mehr zu vernehmen von dem mit solchen stummen Offenbarungen zu uns redenden Allgeist des Lebens.

Wer das für Phantastik und Gefühlsduselei hält, dem genügt es vielleicht, zu vernehmen, daß der Ulothrix nahestehende Formen, wie Microspora, Uronema, Hormidium, in allen Gewässern weit, teilweise über die ganze Erde verbreitet sind und zusammen die Familie der Ulothrichaceae bilden. So kommen beide Teile auf ihre Rechnung.

Conferva bombycina (Ag.) Wille, den gemeinen Bachwasserfaden, hat man damit oft zusammengeworfen. Aber mit Unrecht, denn von diesem Pflänzchen kennt man weder die geschlechtliche Fortpflanzung mit Sicherheit, noch sind seine Fäden so gebaut wie Ulothrix. Ihre Wände bestehen nicht aus Zellulose, sondern aus Pektin, dann sind sie schalenartig ineinander gesteckt wie Kieselalgenpanzer (vergl. das Bild S. 271). Dem Blattgrün ist gelber Farbstoff (Xanthophyll) beigemengt. Es sind also auch keine Stärkeherde da, sondern gelbes Öl, oft so viel, daß das ganze Fadengewirr im Graben gelblich angehaucht ist. Die Zoosporen haben nur eine Geißel. Das sind Unterschiede von bedenklicher Art. Dazu kommt noch, daß Conferva enge Beziehungen zu Algen aufweist, die man lange für Einzeller gehalten hat. Ich meine Ophiocytium und Sciadium arbuscula A. Br. (s. das Bild auf S. 272). Und so hat man das etwas komische Schauspiel erlebt, daß gerade die am längsten bekannte und man kann sagen: häufigste aller Algen (denn Wasserfäden sind überall auf der ganzen Erde) noch heute ein ganz geheimnisvolles Wesen ist, zu schlecht studiert, als daß man sie ohne Sorge irgendwohin einteilen könnte. Reinkulturen werden alle Zweifel beheben — womit das Thema einer nützlichen Doktorarbeit gegeben ist.

In den Torfgräben um München und der Voralpen prangt allenthalben ein hellgrünes, linsengroßes Kügelchen, das sich am liebsten an im Wasser faulende Halme ansetzt. Unter dem Kleinseher flachgedrückt, ist es entzückend schön (siehe das Bild auf

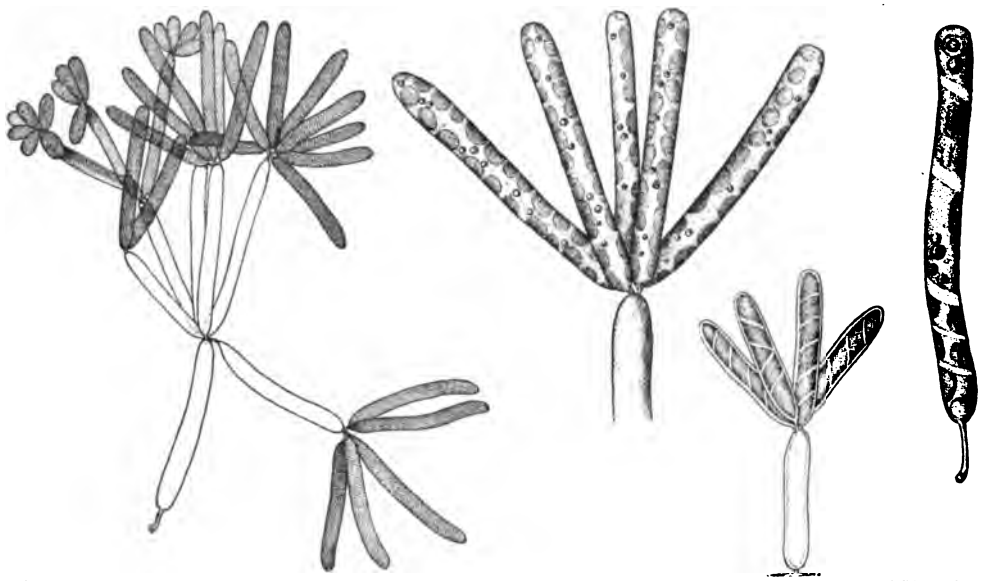
S. 271). Nach allen Seiten strahlen Äste aus, von denen Büschel verzweigter Seitenäste ausgehen, die wieder in Haare enden; das Ganze ist eingebettet in Gallerte und mit lieblichem Frühlingsgrün geziert, eines der schönsten mikroskopischen Objekte. Das ist Draparnaldia glomerata (Vauch.) Ag., natürlich nicht auf München beschränkt, sondern auf der ganzen Erde heimisch. Wenn kein deutlich ausgeprägter Hauptstamm vorhanden ist, bezeichnet man die Alge als Chaetophora, falls sie auch ganz- oder halbkugelige Massen bildet; Stigeoclonium heißt sie, wenn ihr Wuchs nicht so ge-



Häufige Grünalgen des Süßwassers.

1 = Conferva bombycina var. minor. 2—3 = Microspora amoena (Kg.) Rab., Teil eines Fadens. 3 = Bau der Zellhaut. 4 = Draparnaldia glomerata, Stück eines Strauches. 5 = Coleochaete pulvinata in Fruktifikation. 6 = Coleochaete scutata, ganze Pflanze. 7 = Verzweigungen eines Cladophora-Fadens. (Nach Migula, Wille, Thuret.)

schlossen ist. Diese drei Gattungen hat man mit fast einem Dutzend ihnen nahestehender Formen, die aber auf oder in anderen Algen, Wasserlinsen oder marinen Moostierchen wachsen (so: Endoclonium, Aphanochaete, Herposteiron usw.), zu einer „Familie" vereinigt. Dies sind die Borstenalgen (Chaetophoraceae). Außer ihrer Fähigkeit zur „Strauchbildung" ist nichts zu sagen, was sie besonders auszeichnen würde.

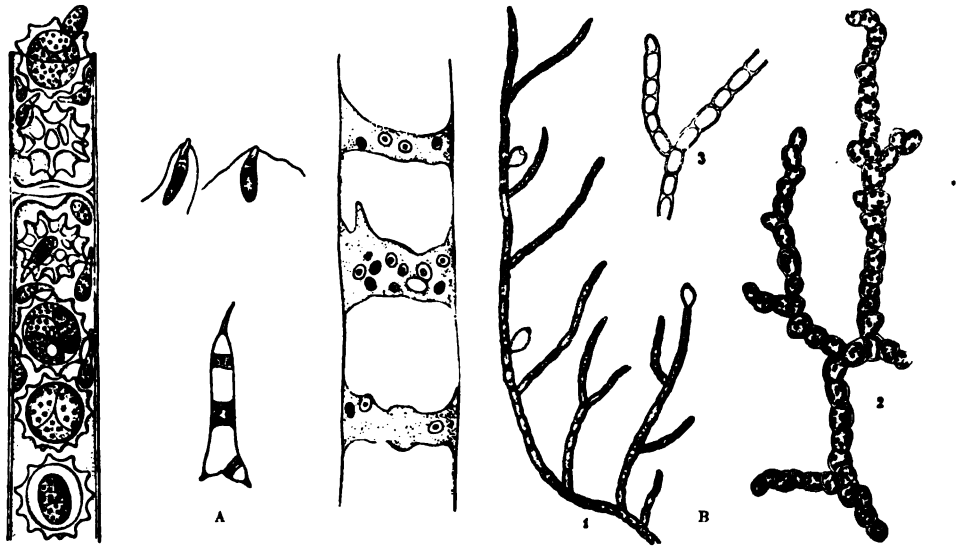


Sciadium arbusculus Al. Br. und Ophiocytium majus Al. Br. (rechts) zwei Grünalgen des Süßwassers. (Original des Verfassers).

Da ist der Veilchenstein ein berühmteres Ding. Denn davon wissen im Riesengebirge, in Tirol und der Steiermark sogar die Reiseführer zu berichten, und wer Kerners Pflanzenleben besitzt, hat sich sicher schon oft ergötzt an der wirklich reizenden Farbentafel, die ihm Ernst Heyn aus seinem vielgeliebten Ötztale in Tirol malte, wo um die Wildwässer, freilich auch nicht öfter als sonstwo, das Gestein vom rostfarbenen Rasen der Trentepohlia-Algen duftet. Die Alge Trentepohlia, früher Chroolepus genannt, ist übrigens bedeutend häufiger, als die eine Art (T. Jolithus L.), die den nicht sehr ausgesprochenen, aber sehr angenehmen Duft des Jonons (Veilchenduft) verbreitet. Solche plumpverzweigte, auf Gestein und Holz oder zwischen Moosen kriechende Zellfäden, die so viel Hämatochrom enthalten, daß sie meist rostigrot oder orangefarbig sind, sucht man im Gebirge nie vergebens, weder auf Kalk noch auf Urgestein. T. aurea (L.) Mart. liebt Moosgesellschaft; noch häufiger ist T. umbrina (Kg.) Born., eine berühmte Flechtenpflanze. Wo sie auf Baumrinden zufällig mit Pilzen zusammenkommt, vereinigt sie sich mit ihnen leicht zu Flechten. Wenn man z. B. die auf Kirschbäumen oder Weißdornbüschen so häufige Schriftflechte (Graphis) unter dem Mikroskop zergliedert, kann man sicher sein, mit der zuletzt genannten Veilchenalge bekannt zu werden* (Bild S. 273).

* Eine Trentepohlia (Gongrosira)-Art soll übrigens auch mit dem Süßwasserschwamm Ephydatia symbiotisch zusammenleben.

Die Veilchenalgen sind also Algen, die dem Wasserleben endgültig entsagt haben und sich darauf beschränken, vom Tau und den Regengüssen ihr Wasserbedürfnis zu decken. Das ist eine biologische Eigentümlichkeit, die man beachten soll, weil es durch sie verständlich wird, wie denn in der Erdgeschichte die ersten Wasserpflanzen zu Landpflanzen geworden sind. Es gibt nämlich auch genug Chroolepidaceen, wie man ihre Familie nennt, die ohne Pilzbeihülfe für sich allein im Trockenen leben, sogar den Erdboden verlassen und im Walde Blätter bewohnen. Diese sehr interessanten Pflänzchen leben meist nicht bei uns, sondern im Regenwald der Tropen. In dem botanischen Institut, das Holland auf der Insel Java zu Buitenzorg begründete,



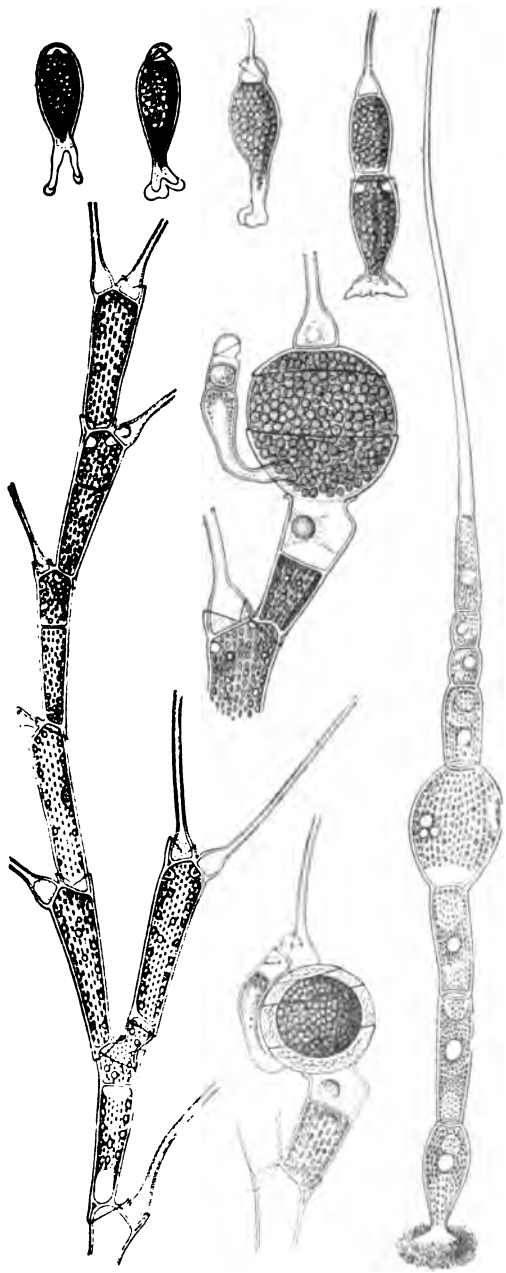
A = Sphaeroplea annulina (jetzt in zwei Arten zerteilt). Faden mit Blattgrünringen, links fruktifizierender Faden, in der Mitte Spermatozoiden und eine keimende Zelle. (Nach Heinricher.) B = Luftalgen (Trentepohlia). 1 = Tr. aurea. 2 = Tr. umbrina der Baumrinden. 3 = Die Veilchenalge (Tr. Jolithus). (Nach Migula.)

hat ein deutscher Botaniker, G. Karsten, die Chroolepidaceen der Waldbäume mit Eifer studiert. In seiner 1891 in den Annalen jenes Institutes erschienenen Bearbeitung dieser Pflanzengruppe versichert er, daß namentlich auf derberen Blättern im Tropenwalde die Gattungen Trentepohlia, Phycopeltis, Cephaleuros massenhaft hellgelbe Fleckchen bilden. Diese Flechten gehören so zum gewohnten Anblick des Waldes, daß es Insekten gibt, die sie im Wege der Mimikry nachahmen!

Auch bei uns siedelt sich die merkwürdige Luftalge des öfteren auf Blättern an und verrät in manchem, daß sie dort, wo sie eigentlich heimisch ist, zum wahren Blattparasiten werden kann.

Als Anpassung an diese Lebensweise muß man es wohl deuten, daß sie ihre Zoosporen in besonderen Hüllzellen (Gametangium) birgt, die bei trockenem Wetter abgeworfen und vom Wind wie die Pollenzellen eines Windblütlers verstäubt werden. Erst wenn sie dann auf passender Unterlage der Tau benetzt, schlüpfen die Schwärmer aus, keimen und bilden eigene Sohlen und Scheiben, um sich auf den oft glatten Blättern festzuhalten. Mit diesen Tatsachen sollte man diejenigen bekannt machen,

denen man das eigenartige „tierische" Leben der Pollenzelle zum Bewußtsein bringen will — denn die Ähnlichkeiten sind zu wirkungsvoll.



Bulbochaete.

Keimende Zelle, die durch Teilungen einen verzweigten Zellfaden produziert, der bei ausgewachsenen Fäden in eine lange Borste ausläuft. In der Mitte Oogonien mit Zwergmännchen. (Faksimile nach N. Pringsheim, Beiträge zur Morphologie und Systematik der Algen.)

Ein merkwürdig Gemisch von Tierwesen und Pflanzlichem ist auch die Schwärmeralge (Oedogonium und Bulbochaete, siehe Bilder auf S. 268 und 274, vgl. auch Bd. II, S. 500), deren Naturgeschichte Pringsheim in einer der klassischen Arbeiten der Algologie, deren Formenreichtum der Schwede Veit Wittrock in einer Monographie darstellte. Oedogoniumfäden sind unverzweigt, Bulbochaete (s. das Bild) ist verzweigt; beide finden sich in den Gräben und Weihern des ganzen Erdballs, doch ist Oedogonium häufiger. Man erkennt es daran am leichtesten, daß um manche Zellen durchsichtige Wülste geschlungen sind (Bild S. 268). In Wirklichkeit sind das Kappen, bedingt durch eine besondere Teilungsart der Zellen. Von ihrer Schwärmerbildung sagten wir schon S. 268 das Nötige, auch in Bd. II, S. 500—501 von ihrer geschlechtlichen Fortpflanzung. Diese Geschlechtlichkeit gebraucht hier Hilfsmittel, die ganz phantastisch anmuten. Einzelne Zellen im Faden schwellen auf und teilen sich. Sie werden zum Oogonium, das sich eine Öffnung vorbereitet und einen „Empfängnisfleck". In anderen Fäden oder auch in demselben (Monöcie und Diöcie der Blütepflanzen ist also schon bei den Algen da!) werden durch unbeschreiblich zweckmäßige Teilungen Antheridien gebildet; aus diesen schlüpfen männliche begeißelte Zellen (Spermatozoiden), die das Ei befruchten. Bei Bulbochäte und vielen Ödogoniumarten aber ist das Liebesspiel verwickelter. Da bilden die Spermatozoiden erst einen kleinen Faden (s. das Bild), ein Zwergmännchen, das sich am Oogonium festheftet, und

erſt aus ihm entſpringt die Samenzelle, welche die Befruchtung ausführt. Danach hebt ein eifrig Geſchäftigtun an, wie es einem jungen Haushalte geziemt. Reſerveſtoffe werden in der Eizelle geſpeichert; dieſe wird glutfarben, umhüllt ſich mit ſchützenden Häuten und wartet ihre Zeit ab. Das iſt gewöhnlich des Winters Ende. Wenn das Eis bricht und die Sonne wieder lachend auf die Fluren blickt, da regt es ſich auch am Grund des Weihers. Das Ei der Schwärmeralge platzt; vier Schwärmer enteilen ihm, ſuchen einen Stein am Rand und entwickeln aus ſich einen Faden, der die gleichen Verwandlungen in ungezählten Generationen von einem Jahrtauſend ins andere fortſetzt.

Wir ſtehen vor ſolchen Wundern ratlos. Was ein ſehr ehrenwerter Erforſcher der Algen, der Major v. Flotow, einſt über die Blutalge in ſein Tagebuch ſchrieb, verrät unmittelbar den Gemütszuſtand aller, die hier forſchen: „Dieſes wunderbare Gebilde, halb Tier, halb Pflanze, iſt nun ſchon ſieben Monate hindurch der Gegenſtand meines Staunens, meines Entzückens über die unendliche Mannigfaltigkeit und Schönheit der Schöpfung. Wird es mir wohl gelingen, den Schleier zu lüften und der Natur in ihrem verborgenſten Walten ein Geheimnis abzulauſchen?“

Das war im Jahre 1842, als man ſo empfand. Und iſt nicht für uns Kinder des 20. Jahrhunderts, die nun wiſſen, daß ſich dieſe Schönheit der Schöpfung aus ſich ſelber ſchafft, dies alles, was ſchon damals ſo andachterregend war, nur noch um ſo ehrfurchterweckender geworden? . . .

Das ſind Gemütswerte der Wiſſenſchaft und einer neuen Zeit, die gar nicht ahnt, wieviel Künſtlerkraft und Begeiſterung zum ſittlichen Fortſchritt noch in der Welt verborgen iſt . . .

Es geht uns nur allen ſo, wie mir mit dieſen Schilderungen der Kleinwelt. Der Platz, an den ich ein Kleinod der Natur rücke, wird zehn und hundert ebenſo würdigen entzogen. Was von den Ödogoniaceen erzählt wurde, könnte auch von den Coleochätaceen geſagt werden. Die ſchwerfälligen lateiniſchen Namen laſſen es gar nicht merken, wie reizend und zierlich ſo ein Weſen iſt. Coleochaete scutata Bréb. (Bild S. 271) kommt in pflanzenreichen Gewäſſern aller Länder vor. Sie iſt eine Scheibe von Fäden, da und dort bewehrt mit Haaren, und feſtgeheftet auf Schilf- und Waſſerroſenblättern oder auf Stengeln. Wer Zeit hat, Pflanzen und Tiere, die ſich auf einem toten Schilfſtengel anſiedeln, zu ſtudieren, der iſt auf Wochen und Monate der Welt entrückt. Er macht dann ſicher Bekanntſchaft mit der ſchöngrünen Algenkruſte von C. soluta und orbicularis, dem verzweigten Geſtrüpp der Kriechfäden von C. divergens und hat den Anblick der aus den Zellen hervorbrechenden Zooſporen, die gleich wieder ein Haar bilden, wenn ſie keimen. Und im Hochſommer und Herbſt beobachtet er, daß die Geſchlechtsorgane von Coleochaete faſt an die eines Mooſes heranreichen. Das weibliche Organ iſt flaſchenförmig mit langem Hals, das männliche produziert farbloſe Spermatozoïden. Und ſonderbar genug: auch hier meldet ſich wieder ein Zug, der auf die höheren Pflanzen hinweiſt. Die Zygote wird von anderen Zellen mit einer Rinde umkleidet. Biologiſch genommen, iſt ſo die erſte Frucht entſtanden. Und wenn ſie keimt, bildet ſie eine Zwergpflanze, die erſt wieder Schwärmer entläßt. Alſo iſt ein Generationswechſel da, wie bei Oedogonium. Das alles ſind Winke, wie man ſich die „Weltgeſchichte der Pflanzen“ denken muß. Von Oedogonium über Coleochaete bereitet ſich offenbar etwas Neues vor. Die Pflanze drängt nach höherer

Gestaltung. Was wir im Volvox angedeutet fanden, wird nun vollkommener. Das Gesellschaftsleben führt zu immer mehr Errungenschaften, und das kleine Scheibchen am Schilfstengel verrät dem Kundigen den nächsten Schritt der pflanzlichen Kulturgeschichte.

Coleochaete hat in diesen Eigenheiten Züge geoffenbart, die man bei den Moosen wiederfindet, und uns damit einen Wink gegeben, daß das Studium der Algen weit über den „Fachwinkel" hinaus wichtig, ja unentbehrlich ist für das Verständnis der pflanzlichen Stammesgeschichte.

Erwähnenswert ist auch der Meersalat (Ulva Lactuca [Bild S. 265]), der in allen Erdteilen am flachen Strand und feuchten Klippen und im Brackwasser zu finden ist, als Vertreter einer breite, herrlich grüne Blätter bildenden Algenfamilie (Ulvaceen), von denen einige (Monostroma bullosum [Roth] Thur., Enteromorpha intestinalis [L.] Link.) auch in den Gewässern des Festlandes als einzige Vertreter der größeren gewebebildenden Grünalgen gedeihen.

In anderer Beziehung verdienen die verzweigten Wasserfäden* Aufmerksamkeit, deren Hauptgattung, nämlich Cladophora, in einer Unzahl (etwa 300) Arten die Bäche, Flüsse, Lagunen, Teiche und Meeresufer aller Erdteile bewohnt. Die Cladophorenbüschel, wie man sie etwa an den Pfosten der Flußbäder oder an Steinen in Bächen angewachsen, aber auch im Meere (vgl. die Tafel zu S. 470 in Bd. I), findet, sind dem Kenner ein Fundort von daransitzenden schönen Diatomeen und einer Menge Kleingetier, wie Infusorien, Rädertieren, Borstenwürmern, Muschelkrebsen, Insektenlarven usw., die im Algenwald aus- und einschlängeln. Das ganze Gewirr unterscheidet sich schon im Zugreifen von den schleimigen Jochfädenwatten, denn es fühlt sich derb an wie Roßhaar, ist auch saftiger dunkelgrün. Unter dem Kleinseher zeigen sich sehr dickwandige (vgl. Bild auf S. 34), vielverzweigte Zellfäden, mit netzförmigem oder aus Scheibchen sich zusammensetzenden Blattgrünkörper und vielen Zellkernen. Die Schwärmsporen haben 2—4 Cilien und einen großen roten Augenfleck, der in der Geschichte unserer Wissenschaft deswegen Bedeutung hat, weil an ihm Strasburger den wirklich augenartigen Bau dieser Gebilde sicherstellte. Befruchtung ist höchst selten und vollzieht sich in einfachster Weise durch Gameten.

Dafür überrascht dieser Wasserfaden mit einer interessanten Lebensäußerung. Was an höheren Wasserpflanzen, z. B. den Laichkräutern (Potamogeton) so viel bestaunt wird, daß sie im Herbst besondere, sich ablösende Triebe in den Boden versenken, aus denen sie sich im Lenz erneuern, das hat in der Algenwelt sein Vorbild. Auch die Zellen mancher Cladophoren (Cl. fracta) füllen sich im Herbst stark mit Reservestoffen, um im Schlamm zu überwintern.

Eine Eigenart sind auch die Krallen oder Sohlen (bei Cl. Aegagropila, Chaetomorpha aerea 2c.), durch die sich die festgewachsenen Algen an ihrem Substrat verankern. Dauernde Berührung veranlaßt sie schon zu solcher Reizverwertung, die als trefflicher Beleg zu verwenden ist, wenn man das „Strebende" der Pflanze jemandem klarmachen will.

---

* Besonders gemein sind Cl. glomerata, Cl. fracta und Rhizoclonium hieroglyphium (Ag.) Kg.

Eine weitere Besonderheit der Wasserfäden beobachtet man in großen Seen. Im Starnberger See z. B. tauchen ziemlich tief (1—2 m) menschenkopfgroße grüne Ballen oder dichte Rasen auf, die niemals Schwärmsporen entwickeln, sondern sich wie die Torfmoose vermehren, indem oben zuwächst, was unten abstirbt. Cl. Aegagropila Rab. oder Aegagropila Sauteri nennt man die Algen dieser „Seeknödel", über die eine ganze Literatur existiert, da sie sich oft ablösen, dann freischwimmen, unheimlich aussehen und dadurch Aberglauben wachrufen. Ein berühmter Fundort solcher Algenknödel war der Zeller See bei Salzburg. Die Sache scheint nur mechanisch durch den Wellenschlag zustande zu kommen und ist auch an der Meeresküste (Lido bei Venedig!, Schweden) von anderen Algen (Valonia, Sphacelaria) bekannt.

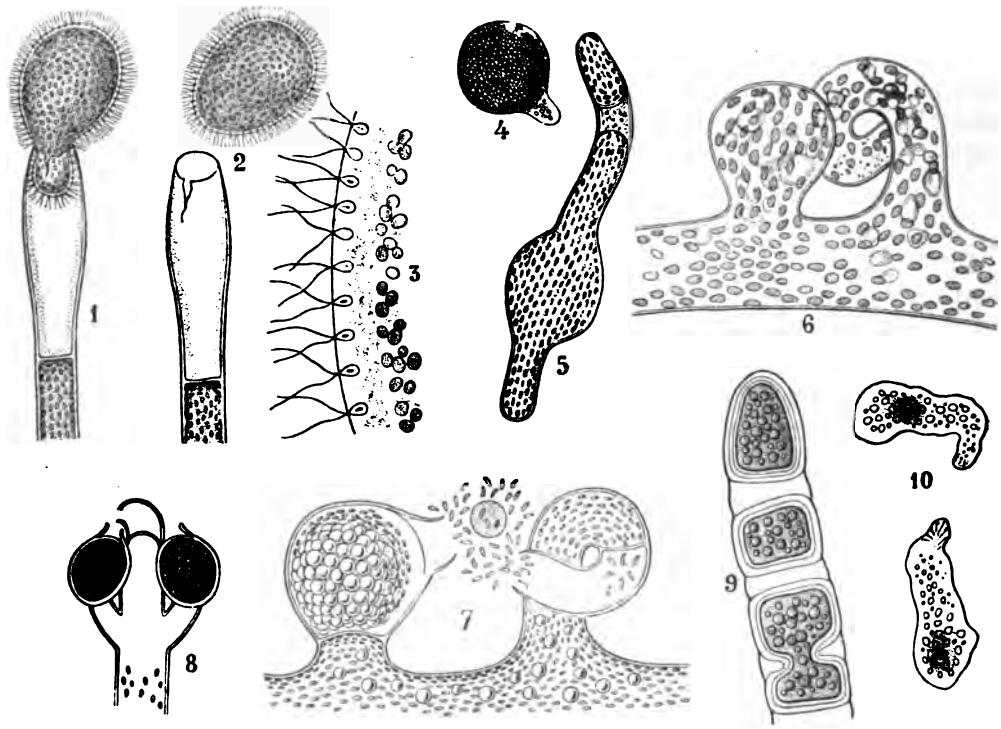
Eine Grünalge von interessanter Lebensgeschichte ist auch der Ringfaden (Sphaeroplea annulina, Roth). Ag. (siehe das Bild auf S. 273), der einzige Vertreter einer gleichnamigen Familie, zwar in ganz Europa, doch selten zu finden, in Gräben und überschwemmten Orten.* Er ist leicht kenntlich an der Ringgestalt des Blattgrüns in den unverzweigten Fäden und schon in der Natur draußen zu erkennen, weil er den ganzen Grund mit rostrotem Gespinst überzieht, wenn er „Früchte" bildet. Solche Gespinste, nur bleich und dicker, setzen auch Cladophoren und Ödogonien auf überschwemmten Wiesen ab, wenn das Wasser zurückgeht. In Schlesien auf den Oderwiesen hat solches „Meteorpapier" schon das größte Aufsehen erregt, ohne es zu verdienen.

Dagegen wird man reich belohnt, wenn man einmal so ein fruktifizierendes Ringfädchen unter das Mikroskop nimmt. Diese Pflanze hat nur geschlechtliche Vermehrung, und die Zellen wandeln sich ohne weiteres zu Oogonien und Antheridien, wozu man das Bild und seine Erklärung zu Rate ziehen möge.

Ein nicht minder kurioser Geselle ist das in diesem Werke schon geschilderte Botrydium (vgl. Bd. II, S. 188 und Bild), mit dem eine neue Entwicklungsreihe einsetzt, die vom Standpunkt der Lebensgeschichtsforschung aus beachtet werden muß. Die Pflanzenzelle hat nämlich einmal versucht, den Weg des sozialen Lebens zu gehen, den Edelanarchisten und soziale Schwärmer seit Babeuf, R. Owen, Bakunin und Egydi so verlockend als bessere Zukunft und höchste Gesellschaftsform des Menschen ausmalten. Sie versuchte sich in rein kommunistischen Staaten. Denn als solche muß wohl der Sozialbiologe die Zellengemeinschaften bezeichnen, die sich von Botrydium als dem Einzeller unter ihnen ableiten und über die Schlauchalge (Vaucheria), Derbesia zu Caulerpa, den Codiaceen, Valoniaceen, Dasycladaceen, mit einem Wort zu jenen gestaltlich hochentwickelten Grüntangen leiten, die alle ursprünglich aus einer verzweigten Riesenzelle hervorgehen. Zeitlebens bilden sie nie wahre Gewebe, sondern nur Zellverschmelzungen, in denen die Einzelzelle ihre Individualität so völlig aufgibt, wie es im kommunistischen Staate vom Individuum gewünscht wird, weshalb man sie früher als Einzeller, später nach Sachs als zellenlose Pflanzen bezeichnete.

* Berühmte Standorte sind der Auerspergbrunnen zu Graz in Steiermark, die Umgebung von Wien usw.

Sind die Ulothrix-Fäden als eingekapselte Geißelzellen, die Wasserfäden etwa als eingekapselte Zieralgen zu betrachten, so darf man den Vergleich wagen, daß alle diese Schlauchalgen (Siphonales) eingekapselte Amöben sind, die ja ebenso zu vielkernigen Plasmodien verschmelzen können, wie jene. Wenn man auch in neuerer Zeit



Die Lebensgeschichte der Schlauchalge (Vaucheria).
1—3 = V. repens. Entleerung einer Schwärmspore. 3 = Stück aus dem Randteil einer Schwärmspore. Sehr stark vergrößert. Man sieht die Zellkerne, welche Cilien entsenden. 4—5 = Keimung einer Schwärmspore und Fadenbildung von V. sessilis. Durch eine Verletzung hat sich ein Teil der Zelle abgekapselt. 6 = Bildung der Geschlechtsorgane von V. sessilis. 7 = Der Moment der Befruchtung bei V. sessilis. 8 = Stellung der Oogonien bei V. geminata Walz. 9 = Zystenbildung bei V. geminata. Aus diesen Zysten kriechen amöboide Zellen (10), die wieder zu Fäden auswachsen.
(Fig. 1—2 = nach Goetz, 3 = nach Strasburger, 4—6, 8 = Originale des Verfassers, 7 = nach Oltmanns, 9—10 = nach Stahl.)

(Oltmanns) Versuche macht, diese zellenlosen Algen doch aus zellenbildenden abzuleiten, so berührt das gar nicht die Tatsache, daß in allen diesen Pflanzen das Plasma (oder wie man früher hübsch mythologisch sagte: die Natur) den Versuch machte, Genossenschaften auf rein kommunistischer Basis zu gründen. Sie sind freilich ebenso ausgefallen wie die wenigen praktischen Versuche, die wir Menschen mit dem Kommunismus machten.

So z. B. das Experiment der „Ikaristen", die in Amerika im Jahre 1848 eine solche Kolonie gründeten, aber schon wenige Jahre später sich wieder spalteten und noch heute in Kalifornien unter dem stolzen Gemeindenamen der ikarischen Hoffnungen (Ikarie Speranza) ein kümmerliches Dasein führen sollen. Genau so fiel das gleiche Experiment in der Pflanzenwelt aus. Die Zellstaaten, die dem einzelnen

„Protoplasten" genug Selbstbestimmung lassen, haben es zu wunderbar vielseitiger Anpassung gebracht, wie die Bildung von fast 400000 Arten und die Besiedlung der ganzen Erde durch sie beweisen. Was bedeuten dagegen die zellenlosen „Kommunisten", die sich auf feuchter Erde ducken, im Meere verbergen, kaum einige Dezimeter große „Organisationen" zustande brachten und kaum 300 Arten, wovon schon wieder ein Teil ausgestorben ist! Vielleicht haben sie in früheren Erdperioden mehr bedeutet; in den Kreideablagerungen, im Eozän von Paris und im Miozän von Ungarn und der Krim, auch vielleicht in dem Silur, dem Devon und den Sedimenten der Jurazeit finden sich zahlreiche fossile Schlauchalgen (namentlich Dasycladaceen, die Kalkskelette bilden, wie Gyroporella, Acicularia, Uteria usw.). Aber unter den heutigen Lebensverhältnissen werden sich die ikarischen Hoffnungen nie mehr erfüllen. Die Zellenlosen sind zurückgedrängt, sie sterben offensichtlich aus. Das ist das Urteil der Natur über den Kommunismus.

Dieser weltgeschichtliche Hintergrund wird wohl das Interesse dafür auflodern lassen, wie denn die kommunistischen Gründungen in der Algenwelt im einzelnen beschaffen sind und welches Leben sie führen.

In der Einleitung zu dem Abschnitt über die Grünalgen wurde schon darauf hingewiesen (S. 225), daß der Schlauchfaden (Vaucheria), die Blattpflanzenalge (Caulerpa) und die Sonnenschirmalge (Acetabularia) die unerläßlichsten Kenntnisse von dem Wesen der Schlauchpflanzen vermitteln, ebenso wo man sie finden und sehen kann.

Die Vaucherie wenigstens vermag jedermann aufzutreiben und kann sich leicht davon überzeugen, daß die borstendicken, dunkelgrünen, verzweigten Fäden keine Querwände besitzen. Nur wenn sie Schwärmsporen bilden, wozu man sie durch Übergießen mit frischem Wasser leicht bringen kann, gliedern sie eine Endpartie der Fäden durch ein Häutchen ab. Dann öffnet sich der Faden an der Spitze und entläßt eine einzige große Schwärmspore, ein wahres Monstrum ihrer Art. Wenn man sie näher untersucht, bemerkt man allerdings bald, daß dieses sonderbare Wesen so eine Art Volvox darstellt. (Man nennt es Synzoospore.) Denn es besitzt zahlreiche Zellkerne, aus denen je 2 Cilien entspringen. Die Schlauchfadensporen sind in dieser Hinsicht ganz eigenartige Objekte, und Ed. Strasburger hat in seinem Buche über die Schwärmsporen und Gameten (1892) eine Beschreibung der Vorgänge bei ihrer Keimung gegeben, die wie eine Fackel das Innenleben der Pflanze erhellt. Er sagt auf S. 69—70: „Bei dem zur Ruhekommen bleiben die Cilien plötzlich stillestehen, dann werden sie eingezogen. Hierauf bringen die Chlorophyllkörner, die bislang in den inneren Teilen der Schwärmspore aufgehäuft lagen, bis zur Oberfläche der Spore langsam vor. Die Zellkerne aber ziehen sich gleichzeitig nach dem Innern. Dann beginnt die Keimung." Bei dieser wird übrigens ein reichverzweigtes Haftfädenbüschel auf der einen Seite, ein Faden auf der anderen Seite der Spore gebildet, wie ich es auf S. 500 in Bd. II abbilden ließ. Da bei der Schwärmerbildung die Zellkerne eigens an die Oberfläche wandern, um dort aus sich die Bewegungsorgane herauszustrecken, so ist damit klar, daß der Zellkern das motorische, das lenkende, regierende Zentrum der Zelle ist!

Nicht weniger fesseln den Naturfreund die geschlechtlichen Vorgänge der Schlauchfäden. Man kann die Pflanze nicht so leicht zur Bildung der Antheridien und Oogonien anregen wie zum Schwärmen. Immerhin hat Klebs gute Ergebnisse erzielt, wenn er Vaucherien, die in fließendem Wasser gedeihen, in stehendes versetzte, oder (bei V. repens) wenn er sie heller Beleuchtung am Fenster oder durch eine Lampe aussetzte, besonders wenn er zugleich reichlich Zucker bot.*

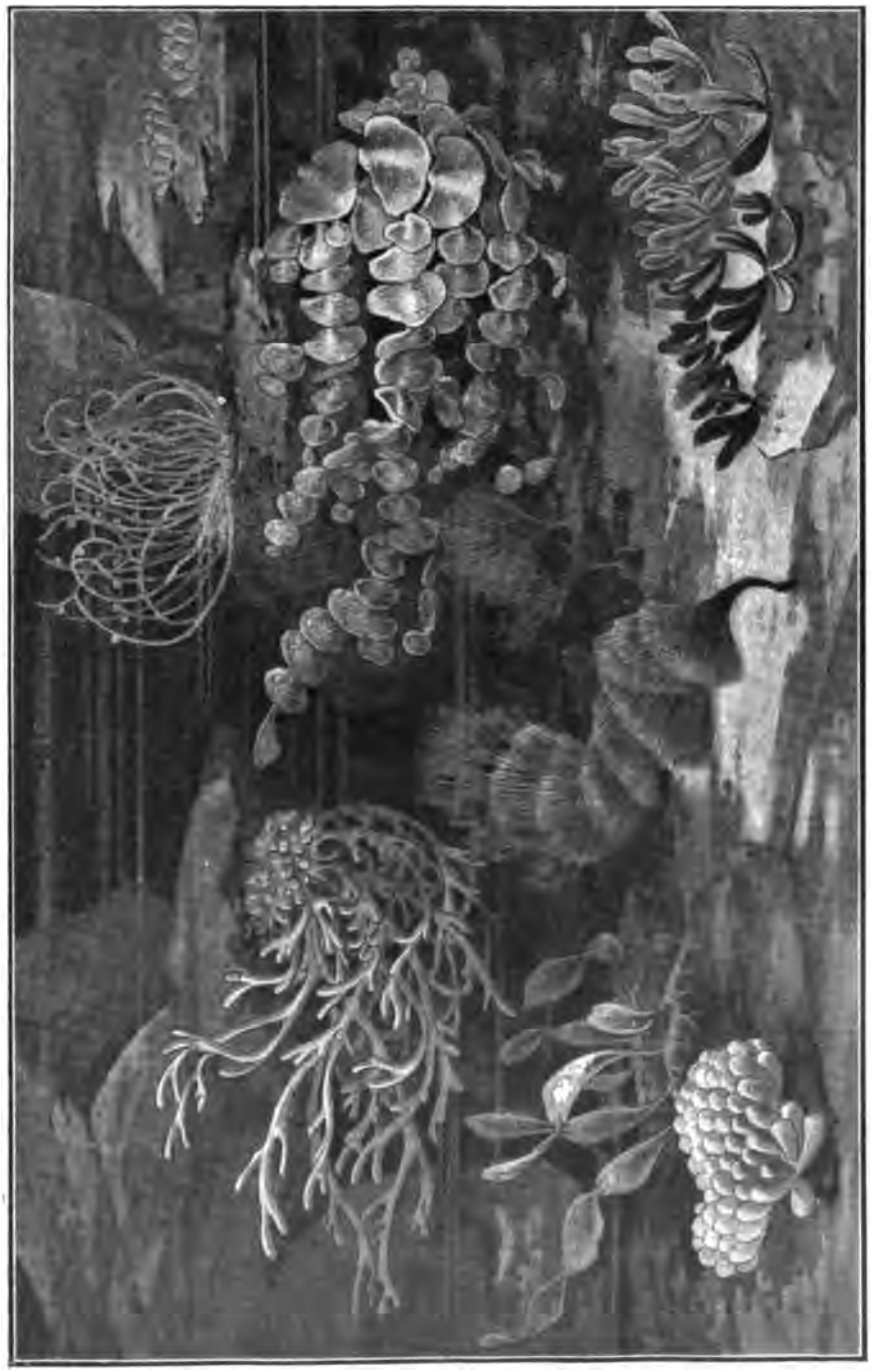
Wie die Sexualorgane aussehen, ist vorstehend abgebildet. Das Horn ist das Antheridium, in dem sich eine Unmenge stäbchenförmiger Spermatozoiden mit zwei Geißeln entwickeln. Die Oogonien sind kugelige, viel Öl enthaltende Ausstülpungen, die nach mannigfachen Vorbereitungen einen „Empfängnisfleck" ausbilden. Bei V. sessilis, die am besten studiert ist, sitzen beide Geschlechtsorgane beisammen; andere Arten sind zweihäusig. Zwischen 2—4 Uhr morgens öffnen sich die Oogonien, unmittelbar darauf auch die Antheridien, und die Samenfäden werden fast auf das Ei ausgeschüttet. Dann folgt die uns schon vielfach bekannte Abkapselung und Ruhepause der Oospore.

Im einzelnen sind viele Unterschiede da, nach denen man Sektionen, Untergattungen (Woronina, Dichotomosiphon) und Arten unterscheidet, überhaupt sind durch Brutkeulenbildung, Aplanosporen, amöbenartige Schwärmsporen, Selbstzerfall der Fäden (besonders V. geminata) so viele Abweichungen möglich, daß man sich mit den Schlauchfäden allein viele Wochen lang beschäftigen kann. Einen sehr wohltätigen Einfluß auf die Entwicklung der Botanik kann derjenige ausüben, der einmal den ganzen Lebenslauf dieser Alge auf seine Bedingungen hin untersucht und in seiner Darstellung dann die so überall wirksame Autonomie der Algenzelle ins rechte Licht rückt. Man lese daraufhin die hier gegebene Darstellung noch einmal. Da wird es denn auffallen, wie merkwürdig diese Pflanze handelt, baut, zweckmäßig anordnet, die richtige Zeit wählt. Von da aus denke man weiter, vergleiche die in diesem Buche vorgetragene Hypothese vom Wesen der Pflanze mit den widersprechenden Behauptungen, und man hat die beste Gelegenheit, sich eine Überzeugung zu bilden.

Auf einen Punkt möchte ich den Beobachter noch aufmerksam machen. So schöne Plasmaströmung, wie in den Schlauchalgen, sieht man selten.

Mit Vaucheria ist der Typus und Ausgangspunkt einer Entwicklungsreihe geschildert. Was sich um ihn gruppiert, sieht zwar meist wesentlich anders aus, ist aber im Wesen auch nicht verschieden. Die Kommune hat eben keine „Entwicklung", denn es fehlt ihr die richtige Differenzierung. Von Caulerpa, der Blattpflanzenalge, war schon die Rede. Auch diese Pflanze vermehrt sich so wie der Schlauchfaden leicht durch Auswachsen abgerissener Stücke. Wer nach Italien reist, achte im Golf von Neapel (namentlich bei Bajä) auf den schlammigen Grund, denn dort findet sich C. prolifera in ganzen Rasen. Die schönsten Arten leben aber nicht in der glücklichschmutzigen Parthenope, sondern in den Tropen. Wer sich an ihrer Vielgestaltigkeit ergötzen will, durchblättere die prächtige Monographie der Gattung, die 1898 in den

* Man beachte, wie teleologisch es ist, daß Zoosporen umgekehrt durch Verdunkelung provoziert werden.



Die häufigsten Grüntange des Meeres.

1 = Codium tomentosum. 2 = Halimeda Tuna. 3 = Derbesia Lamourouxii. 4 = Dasycladus clavaeformis. 5 = Udotea Desfontainei. 6 = Caulerpa prolifera. 7 = Valonia utricularis. Sämtliche aus dem mittelländischen Meer. (Nach Oltmanns.)

Annalen des Buitenzorger Institutes auf Java von Weber van Bosse erschienen ist. Von Schwärmsporen und Geschlechtsorganen ist nichts bekannt, vom Nutzen nur, daß die Javaner manche als Gemüse verzehren. Als Spezialität der Gattung ist zu bemerken, daß sie die Form der Moose und Bärlappe, des Fettkrautes, der Kakteen täuschend nachahmt und sich so weit aufbläht, daß sie Zellulosebalken in sich ausspannen muß, um nicht einzuknicken. Warum das alles ist — wissen wir nicht.

Kaktusähnlich geformt ist auch Halimeda Opuntia (L.) Lamx. und H. Tuna (siehe das Bild); Codium tomentosum (Bild [auf der Farbentafel Tange I]) bildet in der Adria Blasen und verzweigte Schläuche in Rasen, Udotea Desfontainii (Lamx.) ist ein runder Fächer, aufgeschlagen an einem Stiel. Alle drei Codiaceen sind im Mittelmeer (Neapel) und in der Adria in Tiefen von 2—20 m recht häufig. Sie alle sind wie aus Vaucheria-Fäden erbaut, oft sehr stark mit Kalk überzuckert, in der Fortpflanzung einfach; oft ist diese auch ganz unbekannt (z. B. Udotea), natürlich deshalb, weil noch wenig Arbeiten vorliegen.

Ein phantastisches Geschöpf ist die Pinselalge (Penicillus capitatus Lamx.), eine ziemlich große, stark inkrustierte Alge der Tropenmeere, von direkt xerophilem Habitus. Woher diese Zerschlitzung rührt, überhaupt wie alle diese unterseeischen Gestaltungen zu erklären sind, bereitet den Naturforschern Kopfweh. Wellenschlag, Lichtverhältnisse sind wohl die auslösenden Faktoren der Sonderanpassungen. Das läßt sich leicht vermuten, aber schwer auf den Einzelfall anwenden.

Einer anderen Reihe gehört der Grüntang Bryopsis plumosa Kg. (Bild S. 265) an, der in der Nord- und Ostsee, aber auch im Mittelmeer bei Neapel Rasen am seichten Grund der Häfen bildet. Derbesia Lamourouxii bildet borstige Gewirre*, Siphonocladus pusillus ein paar Zentimeter hohe Keulchen (Bild siehe S. 265) in der Adria und an den griechischen Küsten, Valonia utricularis aber ebenso hohe irisierende Blasen an der Riviera**. Mit allen diesen Pflanzen hat man sich nur wenig beschäftigt, mit Ausnahme von Bryopsis, die wegen der Leichtigkeit, mit der sie auf die verschiedensten Reize antwortet, oft und oft durch Experimente gequält wurde.

Noch weniger ist zu sagen von den Grüntangen der fernen Tropenmeere, wie Struvea (Bild S. 265) oder Anadyomene (auch Mittelmeer und Adria [Bild S. 265]), die von manchen Forschern zu den Wasserfäden gerechnet wird, so interessant sie auch aussehen und so wertvoll auch die Kenntnis ihres Gitterbaues ist, um zu verstehen, wie aus Einzellern gewebebildende Pflanzen wurden.

Die Familie der Dasycladaceen, von denen Dasycladus clavaeformis (R.) Ag. und die Sonnenschirmalge (Acetabularia mediterranea Lamx.) im Mittelmeer bis zur Adria hinauf vorkommen, hat für die Erdgeschichte Wichtigkeit. Es sind sehr verkalkte Pflanzen darunter, welche schon seit Urzeiten die Meere in solchen Herden bevölkerten, daß man besondere Dasycladaceen- und Gyroporellenkalke unterscheidet, die aus den Meeren der Triasperiode ungeheure Mengen Kalkes aus dem Wasser abschieden. Wer sich näher dafür interessiert, lese in

* D. neglecta Berth. ist um Helgoland zu finden.

** V. ovalis (Lyngb.) Ag. allerdings auch in der Nordsee bis Skandinavien.

des Grafen Solms-Laubachs „Einleitung in die Phytopalaeontologie“ (1887) das Nötige darüber nach.

Ihr noch jetzt lebender Epigone ist ein sehr zierliches, verkalktes Pflänzchen (Bild S. 265). Sonnenschirmchen, „ombrelli“, nennen es die neapolitanischen Fischer. Es sitzt in ganzen Rasen auf Steinen und Felsen, von der Adria angefangen bis ins südlichste Mittelmeer. Rhizoiden befestigen das schlanke Stielchen, an dem wieder 20—100 keulenförmige Blättchen im Kreise stehen, die so eng in Verbindung treten, daß sie wie ein einheitlicher Schirm erscheinen. Frühzeitig bilden sich vom Vegetationspunkt aus auch verzweigte Haare (siehe das Bild), sterile Blätter genannt, die jedoch bald abfallen. Höchst eigenartig ist die Fortpflanzung der Ombrelli. In den fruchtbaren (fertilen) Blättern zerfällt das Plasma im Juni in grüne, eiförmige Zysten, die mit einem Deckel verschlossen sind. Eine Pflanze bringt etwa 8000 solcher Ruhesporen hervor, die so lange ruhig liegen bleiben, bis der kalkige Hut zerbröckelt. Im kommenden Lenz schlüpfen daraus zweiwimperige Gameten, die kopulieren und gleich nach der Vereinigung zu neuen Pflanzen auswachsen.

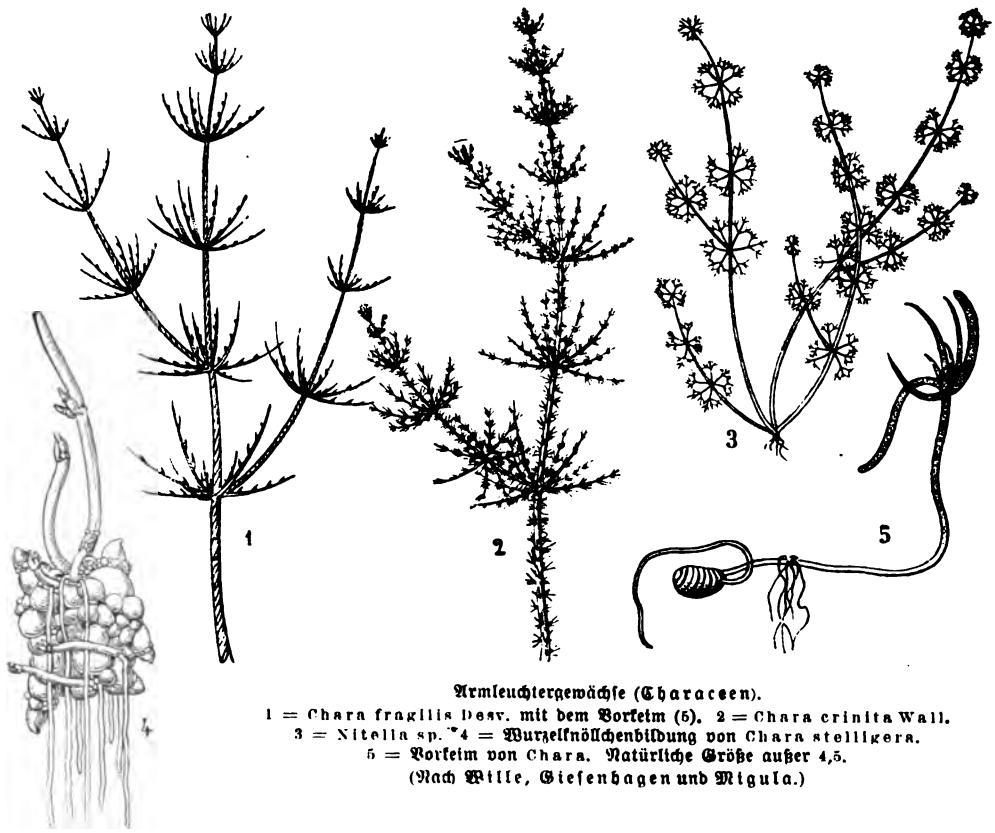
In diesem engen Kreis eines Plasmodiums spielt sich das ganze Leben der Schlauchalgen ab, und man begreift wohl, warum sie, die in solcher Ausbildung schon in der Juraperiode vorhanden waren (Acicularia, die ziemlich mit Acetabularia übereinstimmt, ist in den Grobkalken von Paris, andere Gattungen, so namentlich Gyroporella sogar schon in Permischen Ablagerungen, massenhaft aber im Triaskalk der Alpen vorhanden), seitdem stillegestanden sind und an der großen Entwicklung nicht mehr teilnehmen konnten. Eine ungeschickte Art von „Gesellschaftsordnung“ hat sie daran gehindert — woraus der Sozialbiolog eine große und ernste Lehre zieht. Daß unser Volk sich gesund höher entwickelt, ist, wie wir also an der Natur sehen, nicht „von selbst“ verbürgt, wie viele meinen, sondern unsere gesellschaftliche Verfassung kann uns hindern oder fördern, je nachdem wir sie gestalten! Die Natur hat Beispiele dafür!

An nichts kann man sich dies so deutlich machen, als wenn man den Schlauchalgen die Armleuchtergewächse (Characeen) gegenüberstellt. Auch sie sind Grünalgen, sie sind die Grüntange des Süßwassers — aber sie haben ihren Zellen Selbstständigkeit gelassen, sie sind vielzellig geworden, Genossenschaften, sie sind ein Staat, in dem freier Wettbewerb geduldet ist. Und was haben sie erreicht? Sie sind die ansehnlichsten und die höchstorganisierten aller Süßwasseralgen, in Leben und Wuchs wie Blütenpflanzen anzusehen. Mitten durch sie flutete der große Strom des Fortschrittes in der Organisation; sie sind nicht abgebrochene Äste am Stammbaum des Pflanzenreiches, sondern die Ahnen alles dessen, was von der Pflanze an Entwicklungsmöglichkeit bisher verwirklicht wurde.

In Teichen, auch in ruhig fließenden Flüßchen, am Seerand, in Altwässern und Gräben, überall stehen Chara und Nitella in großen Gesellschaften*, oft kilometerweit den Grund überziehend mit ihren zerbrechlichen, weil von Kalk inkrustierten, vollendet schönen Wirtelchen (s. das Bild auf S. 284). In der äußeren Erscheinung

* Man unterscheidet sonst noch die Gattungen Tolypella, Lamprothamnus, Lychnothamnus, doch sind diese nicht allgemein anerkannt.

erinnern sie sehr an kleine Schachtelhalme, doch sind sie viel zierlicher. Namentlich wenn sie die dunklen Sporenknospen und die hell-zinnoberroten Antheridien im zartgrünen „Laub" austreiben, gewähren sie einen entzückenden Anblick, um dessentwillen ihnen der Naturfreund gern ein Plätzchen im Aquarium gewährt. Leider haben sie die unangenehme Eigenschaft, daß sie „sumpfigen", d. h. dumpf-fauligen Geruch (durch Characin) ausströmen. Eine der gemeinsten Arten heißt deshalb auch Chara foetida A. Br.



Armleuchtergewächse (Characeen).
1 = Chara fragilis Desv. mit dem Vorkeim (5). 2 = Chara crinita Wall.
3 = Nitella sp. 4 = Wurzelknöllchenbildung von Chara stelligera.
5 = Vorkeim von Chara. Natürliche Größe außer 4,5.
(Nach Wille, Giesenhagen und Migula.)

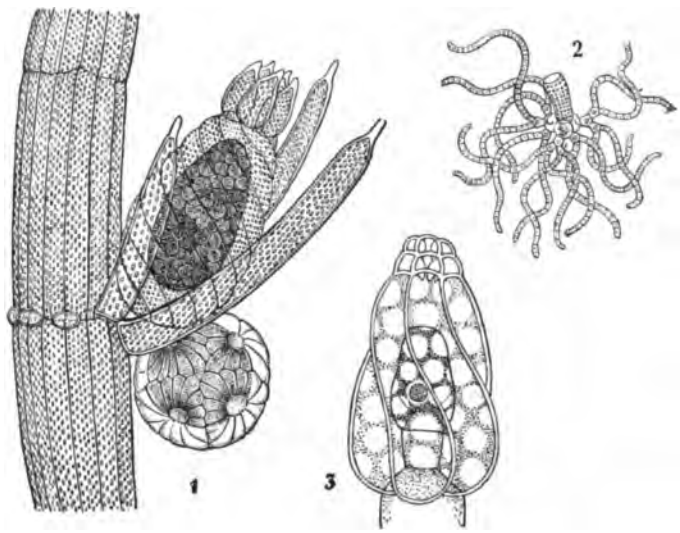
Untersucht haben sie N. Pringsheim, der im fünften bis siebenten Dezennium des vergangenen Jahrhunderts unermüdlich war in exakten Arbeiten über die Entwicklungsgeschichte der Algen, ferner Al. Braun, O. Nordstedt, W. Migula, die sie monographisch bearbeiteten. J. Sachs verwob in sein „Lehrbuch der Botanik" Bilder und Angaben über den inneren Bau und die Entwicklung der Armleuchterpflanzen, die zu dem Besten gehören, was an „anatomischen" Arbeiten überhaupt vorliegt. Es sind das einfach „Meisterwerke" der Naturwissenschaft.

Die genannten Naturforscher hatten aber auch allen Grund, diesen Pflanzen volle Aufmerksamkeit zu widmen; sind sie doch der Anknüpfungspunkt, wenn man sich Erwägungen hingibt, wie denn die Stammesentwicklung von den Algen aus weitergegangen sein kann. Sie sind so hoch organisiert, daß seinerzeit J. Cohn sie zu den Moosen stellte (als Phycobrya). Worauf die Übereinstimmungen be-

ruhen, soll gleich hervorgehoben werden. Anderseits darf man aber auch nicht verschweigen, daß verbindende Glieder zu den Algen und zu den Moosen fehlen (vielleicht ausgestorben sind?), so daß die Gruppe der Charales als Sorgenkind der Systematik ziemlich vereinsamt steht. Nur so viel ist mir sicher, daß die von einigen Naturforschern verfochtene Anschauung, als ob sie weiterentwickelte Schlauchalgen seien, jeder haltbaren Begründung entbehrt.

Dagegen spricht der ganze Bau dieser Gewächse, der übrigens so leicht erforschbar ist und so viel des Anziehenden bietet, daß wohl keiner meiner Leser es versäumen wird, das Nachfolgende auf seine Richtigkeit an der Natur selbst zu prüfen.

Die Armleuchterfrüchte keimen schon im Februar bis März. Wie bei einer höheren Blütenpflanze entspringen der wohlverpackten Frucht nach dem Boden zu Würzelchen, nach dem Lichte zu ein Sproß, in dem rapid Teilungen einsetzen. Man nennt ihn den Vorkeim, und da die Moose auch solche Vorkeime haben, die anderen Algen aber nicht, sind damit höchst wichtige Fingerzeige für das Denken gegeben (siehe das Bild). An diesem Vorkeim entsteht seitlich die neue Pflanze,



Die Fortpflanzung der Armleuchteralgen.
1 = Antheridium und Sporenknospe von Chara fragilis. 2 = Spermatozoidenbildende Fäden aus dem Antheridium von Nitella flexilis. 3 = Junges Oogonium von Nitella flexilis mit der Eizelle und den Hüllzellen. (Faksimile nach J. Sachs, Lehrbuch d. Botanik. IV. Aufl. 1874.)

und zwar als „unbegrenzt" wachsender, röhriger Stengel, der bald einen Kranz von 6—12 kleineren Stengelchen austreibt, die man, weil ihr Spitzenwachstum bald aufhört, wohl als Blätter bezeichnen muß. Auch neue Wurzeln bilden sich; kurz, das neue Pflänzchen knospt aus seinem Vorkeim heraus wie ein Polyp. Wird so äußerlich der Aufbau eines höheren Gewächses nachgeahmt, so erhellt aus der mikroskopischen Untersuchung doch bald, daß dieses Gewächs höchst einfach sei. Der Stengel ist im Wesen nur eine einzige Zelle und zwar, was ganz einzig dasteht, eine Riesenzelle, die manchmal 20—25 cm lang wird.* Es ist daher falsch, zu sagen: Zellen seien immer mikroskopische Wesen. Bei der Gattung Chara ist diese Stengelzelle allerdings oft noch von kleineren Rindenzellen umhüllt. Nitella aber ist unberindet, und daran unterscheidet man leicht die zwei Gattungen.

---

* Bei der meterhohen Chara stelligera Bauer unserer Landseen oder der gleichgroßen Nitella cernua A. Br., die in den Sümpfen des tropischen Amerikas gedeiht.

Eine solche Charastengelzelle (Internodium genannt) muß jeder, auch wenn er kein besonderes Interesse für die Familie hat, mit dem Kleinseher betrachten. Sie ist das Schulbeispiel für Plasmaströmung. Nur an der Zellwand enthält sie Plasma, mehrere Zellkerne und zahllose Blattgrünscheibchen, im Innern dagegen flutet Saft. Aber auch der ganze Wandbelag strömt mit der Ruhe eines großen Stromes dahin, als Menetekel für die Ungläubigen an dem tierischen Bewegungsvermögen aller Pflanzen. Der Kalküberzug, den die Pflanzen dadurch erwerben, daß sie dem im Wasser gelösten doppeltkohlensauren Kalk die Kohlensäure entreißen, hindert manchmal die Beobachtung; doch sind manche Formen nicht inkrustiert.

Dieses einfache Pflänzchen hat Vermehrungsarten, die wieder ganz verschieden von den übrigen Grünalgen sind. Schwärmsporen bildet es nicht; über einen so primitiven Rückfall zum Urtier ist es erhaben. Dagegen hat es allerlei andere ungeschlechtliche Vermehrungsarten, die wieder an die Moose anklingen. Es bildet Wurzel- und Stengelknöllchen, Zweigvorkeime und sogen. nacktfüßige Zweige.

Wurzelknöllchen (Bulbillen) kann man an Chara aspera, stelligera u. a. beobachten; sie entstehen als einzellige, mit Stärke reichgefüllte Gebilde im Herbst, die im nächsten Frühling Sprosse entsenden; Stengelknöllchen sind entsprechende Ableger, die von unterirdischen Stengelknoten ausgehen. Zweigvorkeime oder akzessorische Vorkeime entwickeln sich bei Chara, wenn sie zerstückelt überwintern, wie es die Regel ist, desgleichen auch die nacktfüßigen Zweige, die aus beliebigen Knotenzellen hervorbrechen und ihren seltsamen Namen daher führen, weil sie am untersten Internodium nur schwach oder gar nicht berindet sind.

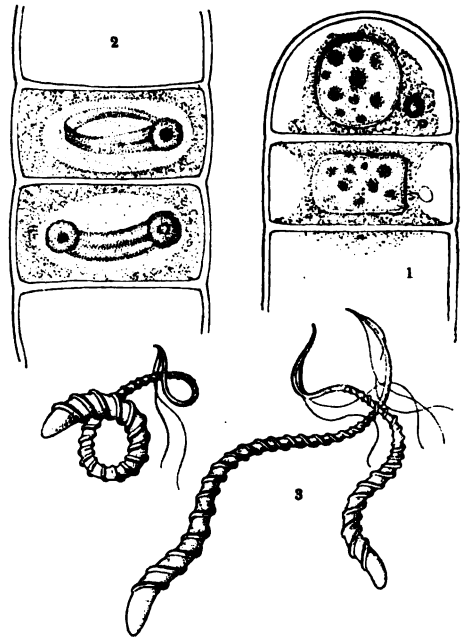
Die Armleuchterpflanze hat also ein ganz außerordentliches Reproduktionsvermögen, wie gewöhnlich die Pflanzen, die in Massen beisammenleben.

Außerdem aber pflanzt sie sich auch geschlechtlich fort und erzeugt dazu einen sehr ansehnlichen und sinnreichen Apparat. Die männlichen Geschlechtsorgane führen die gebräuchliche Bezeichnung Antheridien, die weiblichen hat man mit dem Sondernamen Sporenknospen ausgezeichnet. Doch sind es eigentlich nur Oogonien, die so berindet sind wie der Stengel. Es gibt monözische (Chara fragilis, Nitella flexilis Ag.) und diözische Arten (N. syncarpa Thuill.), und man kann hier schon von einer Blütenbiologie insofern reden, als bei den einhäusigen Arten die Antheridien schon lange „verblüht" sind, bevor sich die Eiknospen öffnen. Man gehe beim Lesen über diese Dinge nicht oberflächlich hinweg, sondern erinnere sich, wie einfach alle Verhältnisse bei den einzelligen und cönobialen Algen eingerichtet sind, und achte nun darauf, wie sehr das gewohnte Bild der höheren Pflanze bereits angenähert wird, sobald die Sprößlinge der Eizelle in festem Verbande beisammenbleiben und sich unterstützen. Darin lernt man den Segen eines wohlgeordneten Gesellschaftslebens so recht schätzen.

Mehr als lange Beschreibungen erläutert den Bau der Geschlechtsorgane das auf S. 285 kopierte prächtige Bild von Sachs. Das Antheridium ist ein umgestaltetes Blättchen, dessen Endzellen Spermatozoiden produzieren. Die Eiknospe wieder entspricht einem Achselsproß, wird von einigen Hüllblättchen (Bracteolen) geschützt und trägt an ihrem oberen Ende ein Krönchen, dessen physiologische Funktion unklar ist. Man wird nun durch die schraubig gewundenen Hüllzellen der Eiknospe

(die — wie man auf S. 275 nachlesen möge — bei Coleochaete schon angedeutet ist) leicht dazu verführt, in dem ganzen Gebilde mehr als ein gewöhnliches Oogon zu sehen. Aber das Irreführende ist alles nur Aufputz, und das Wesentliche ist doch nur die Eizelle, die darin eingeschlossen ist, wie bei Volvox oder Vaucheria Nur ist hier biologisch (wohlverstanden nicht morphologisch!) schon eine Blütenbildung erreicht — wieder eine Wegmarke, wie rasch sich diese Algen schon von den Lebensformen der Einzeller oder Zellenlosen entfernen!

Sehr verwickelt ist der innere Bau der Antheridien. Sie sind durch acht „Schilder" verwahrt, deren Blattgrün sich, wie in einer Blüte, später orangerot färbt. An jedes Schild ist innen eine Griffzelle (Manubrium) angeheftet; von dieser entspringen nach einigen vermittelnden Zellen eine Anzahl Zellenfäden. In diesen bilden sich nun hauptsächlich aus dem Kern (siehe das Bild) in einem Antheridium 38000 zweigeißelige Spermatozoiden. Die Umbildung der Zellen zu Samenfäden ist an halbreifen Pflanzen leicht zu sehen und bietet einen sehr interessanten Anblick. Ich habe im Jahre 1893 im „Botanischen Zentralblatt" darüber berichtet, daß der feinere Bau der Samenfäden genau mit dem tierischer Spermatozoiden (siehe das Bild) übereinstimmt.



Die Entwicklung der Samenfäden von Chara fragilis. 1 = Ruhezustand der Kerne in den spermatogenen Zellen. 2 = Umformung des Zellkernes. 3 = Reife Samenfäden, mit dem bisher nicht gesehenen Spiralband, der Deutlichkeit halber etwas schematisch gezeichnet. (Original des Verfassers.) Sehr stark vergrößert.

Hier haben wir also in letzter Hinsicht doch wieder die Tierwerdung der Pflanze und sowohl die Brücke zum Volvox, dessen Samenfäden nicht unähnlich sind, als auch zu den Moosen und Farnen, deren Samenfäden sogar in allen wesentlichen Punkten mit denen von Chara übereinstimmen.

Was noch zu sagen, ist bald abgetan. Die Samenfäden schlüpfen heraus und bringen gewöhnlich bei einer der fünf Spalten, die sich an der reifen Oospore unterhalb des Krönchens bilden, zum Ei, das inzwischen viel Stärke aufgespeichert hat. Ein einziges Spermatozoid verschmilzt damit, und schon beginnt die „Brutpflege". Es ist sehr bedeutsam, daß diese Alge auch schon wahre Früchte erzeugt. Nicht nur die Eihülle verdickt sich, wie wir das schon anderweitig gesehen haben, sondern auch die Hüllschläuche; sie werden dunkelfärbig, sie verholzen sogar, manchmal umgibt sie auch noch ein Kalkmantel, und die Frucht, eine wahre Nuß, kann Winterzeit und Austrocknung vertragen.

Sie ist so fest, daß sie sogar Jahrtausende überdauern kann und den Paläontologen eine wohlbekannte Erscheinung ist, besonders im Tertiär, wo die Gruppe ihren Höhepunkt erreichte.

Was hier so in Kürze erzählt wurde, wird in Lehrbüchern mit viel mehr Umschweifen vorgetragen, denn Al. Braun und J. Sachs waren gar gründliche Forscher, die nicht ruhten, bis nicht die morphologisch-entwicklungsgeschichtliche Bedeutung jeder einzelnen Zelle im Bau des Armleuchters sichergestellt war. Aber vor lauter Morphologie und „Kugeloktanten" und „Tangentialteilungen" geht meist der frische Eindruck verloren, daß die Charen sehr liebliche Pflänzchen sind, die uns als Vorschule für das biologische und anatomische Studium der höheren Pflanze — wie ich mich bemüht habe, es herauszuarbeiten — viel zu sagen haben. Das ist ihre eigentliche Bedeutung, abgesehen von jener großen weltgeschichtlichen, ein Bindeglied zwischen niederster und höchster Lebensgestaltung der Pflanze zu sein.

Irgendwelchen praktischen Nutzen haben sie nicht, außer daß sie durch massenhaftes Wachstum zur Austrocknung der Seen und Moore beitragen und dann den besten tierischen Dünger ersetzen, wie man z. B. um Konstanz am alten Seegrund des Unterfees gesehen hat.

Fünf Charaarten sind im deutschen Gebiet leicht zu finden. Die gemeinsten sind Ch. foetida A. Br. in Seen und Ch. fragilis Desv. in torfigen Gegenden. Chara crinita lebt besonders im Brackwasser der Küstengebiete und in Salzteichen. Sie ist entzückend geformt (Bild S. 284) und ein berühmtes Exempel von Parthenogenesis. Bei uns gibt es nur weibliche Pflanzen, doch hat man in Siebenbürgen und Frankreich auch männliche gefunden. Ch. stelligera B. ist die größte deutsche Art. Sie wird bis 1 m hoch und ist leicht zu erkennen daran, daß sie ganz unberindet ist.

Nitella ist nicht so häufig. Gewisse Arten (N. syncarpa Thuill., capitata N. v. E.) haben eine Schleimhülle um die Geschlechtsorgane. Mit ihren gegabelten Blättern (N. flexilis Ag. und besonders hübsch N. mucronata A. Br.) ist sie eine so liebreizende Erscheinung, daß die Kunst viel daran verliert, ihre Vorbilder noch nie in der Kleinwelt der Grünalgen gesucht zu haben, von denen wir hiermit Abschied nehmen.

Vielleicht tun wir es alle mit dem Gefühl, daß in der Kenntnis dieser mißachteten und neben der Großartigkeit der Landpflanzen übersehenen Anfänge der Organismenbildung Keime einer Wissenschaft der Zukunft liegen, die zu den wichtigsten Bildungs- und Lebenswerten der Menschheit gehören wird. Diese heimischen Algen, von denen ich 300 in buntem Reigen vorbeiführte, sind wichtige Zeugen für die Urgeschichte unserer Kultur. Das ist der Sinn, den ich am liebsten in ihr Studium legen möchte.

Was man vor 50 Jahren prophezeit hat, daß sich aus der vertieften Naturkenntnis eine Erneuerung der Geisteswissenschaften vollziehen werde, das spricht vernehmlich aus diesem Kapitel, und wer sie lieben lernt, diese so ästhetisch wirkenden Geschöpfe, an dem bewahrheitet sich die Prophezeiung auch lange, bevor seine Mitwelt in den Genuß dieser Bildungsschätze gelangt.

Wichtigste benützte Literatur über Grünalgen (Chlorophyceen).

Über Urkugelalgen (Protococcales) handeln:

1. C. Nägeli, Gattungen einzelliger Algen. Zürich. 4°. 1849.
2. Al. Braun, Algarum unicellularum genera nova. Leipzig. 4°. 1855.
3. Al. Braun, Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. Freiburg. 4°. 1849.
4. C. Chodat, Algues vertes de la Suisse (Pleurococcoïdes-Chroolépoïdes). Bern. 8°. 1902. (Schön illustrierte Flora und Biologie.)
5. W. Beyerinck, Kulturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien, ꝛc. (Botan. Zeitung. 1890.)
6. G. Klebs, Über die Fortpflanzung einiger Algen und Pilze. Jena 1896.
7. A. Borzi, Studi algologici. I. Messina. 1883.
8. F. Cohn, Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der mikr. Algen und Pilze. (Nova Acta Leop. Carol. 1854.)

Über Kugelalgen (Volvocales) handeln:

Außer Ehrenberg, Stein, Bütschli (siehe Flagellaten-Literatur) und Nr. 22,

9. F. Cohn, Über eine neue Gattung aus der Familie der Volvocineen. (Zeitschrift f. wiss. Zoologie. 1853.) Ebenso Nr. 7.
10. N. Pringsheim, Über Paarung von Schwärmsporen. (Monatsber. d. Akad. d. Wiss. z. Berlin. 1869.)
11. A. Dangeard, Mémoire sur les Chlamydomonadiens. Histoire d'une cellule. (Le Botaniste. 1899.) [Monographie.]
12. R. Francé, Die Polytomeen. (Jahrb. f. wiss. Botanik. 1896.) (Monographie.)
13. O. Dill, Die Gattung Chlamydomonas. (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 23.)
14. J. Goroschankin, Beiträge zur Kenntnis der Morphologie und Systematik der Chlamydomonaden. I—II. (Bull. de la soc. imp. d. Naturalistes de Moscou. 1890—91.)
15. L. Klein, Morphol. und biolog. Studien über die Gattung Volvox. (Jahrb. f. wiss. Botanik. 1889.)
16. N. Wille, Algologische Notizen. (Nyt Magazin for Naturvidensk. 1903).
17. B. Schroeder, Pandorina Morum, ihre ungeschlechtliche Vermehrung. (Schles. Ges. f. vaterl. Kultur. 1898.)

Über sonstige Grünalgen handeln (auch Nr. 4, 6, 7):

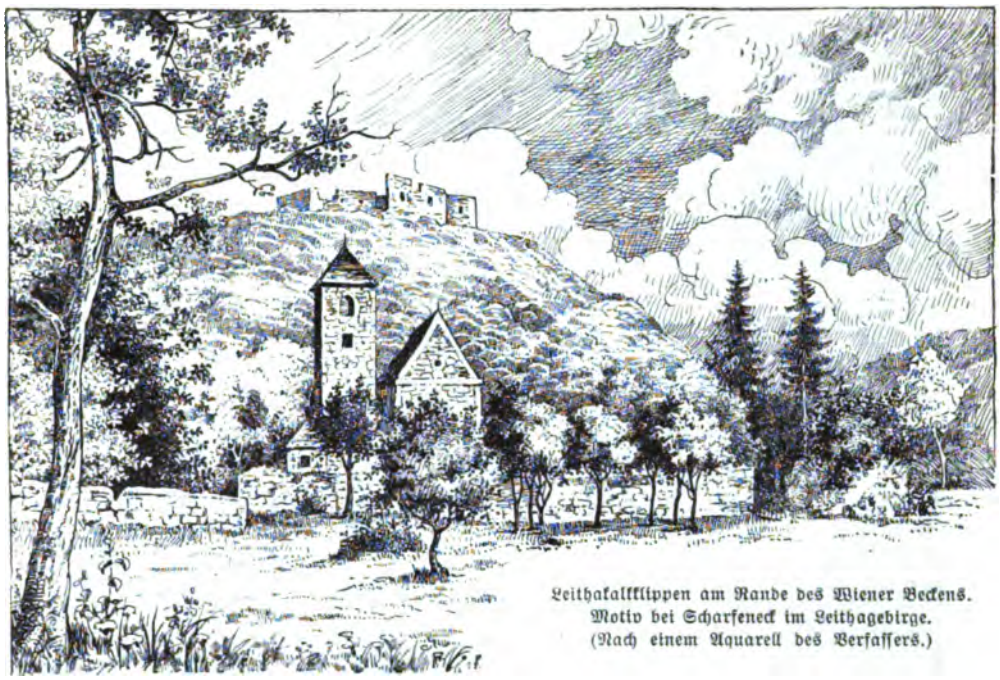
18. Vaucher, Histoire des Conferves. 1803.
19. A. Dodel, Die Kraushaaralge, Ulothrix zonata. (Jahrb. f. wiss. Botanik. 1876.)
20. N. Wille, Algologische Mitteilungen. (Jahrb. f. wiss. Botanik. 1887.)
21. G. v. Lagerheim, Studien über die Gattungen Conferva und Microspora. (Flora 1889.)
22. N. Pringsheim, Über die Dauerschwärmer des Wassernetzes. (Monatsber. der Akad. d. Wiss. Berlin. 1861).
23. K. E. Hirn, Monographie und Ikonographie der Ödogoniaceen. Helsingfors. 4°. 1900.

24. N. Pringsheim, Beiträge zur Morphologie und Systematik der Algen. I—III. (Jahrb. f. wiss. Botanik. 1858—1860. Bd. I—II.)
25. Gay, Recherches sur le développement et la classification de quelques algues vertes. Paris 1891.
26. G. Karsten, Untersuchungen über die Familie der Chroolepideen. (Annales de Buitenzorg. 1891.)
27. E. Wildemann, Les espèces du genre Trentepohlia. (Notarisia 1896.)
28. G. Berthold, Die Verteilung der Algen im Golf von Neapel. (Mitteil. d. zool. Stat. z. Neapel. 1882.)
29. J. Reinke, Atlas deutscher Meeresalgen. Berlin. 1889—1892.
30. H. G. Solms-Laubach, Einleitung in die Palaeophytologie. Leipzig 1887.
31. H. G. Solms-Laubach, Monograph of the Acetabularieae. (Transact. of the Linn. Soc. London 1895.)
32. V. Wittrock, Prodromus monogr. Oedogoniearum. (Acta soc. Upsal. 1874.)
33. G. Heinricher, Zur Kenntnis der Algengattung Sphaeroplea. (Berichte der deutsch. botan. Ges. 1883).
34. J. Rostafinski — M. Woronin, Über Botrydium granulatum. (Botan. Zeitung. 1877.)
35. G. Thuret, Recherches sur les zoospores des algues. (Annales d. scienc. natur. Bot. 1850.)
36. J. G. Agardh, Till algernes systematik. (Siphoneen.) (Lunds Univ. Arskr. 1897.)
37. G. Berthold, Zur Kenntnis der Siphoneen und Bangiaceen. (Mitteil. d. zool. Stat. zu Neapel. 1880.)
38. Weber van Bosse, Monographie des Caulerpes. (Buitenzorg 1898.)
39. J. Walz, Beiträge zur Morphologie und Systematik der Gattung Vaucheria. (Jahresb. f. wiss. Botanik 1866/1870.)

Über Characeen:

40. N. Pringsheim, Über die Vorkeime und die nacktfüßigen Zweige der Charen. (Jahresber. f. wiss. Botanik. 1862.)
41. Al. Braun, Fragmente einer Monographie der Characeen. (Abhandl. d. Akad. der Wissensch. zu Berlin 1882.)
42. W. Migula, Die Characeen. (Rabenhorsts Kryptogamenflora. 2. Aufl. Bd. 5.) Leipzig. 1890.

Außerdem eine große Anzahl im Text zitierter Abhandlungen und von allgemeinen Werken die am Schluß des Bandes aufgeführten Arbeiten von Oltmanns, Migula, De Toni, Rabenhorst und Kützing.



Leithakalkklippen am Rande des Wiener Beckens.
Motiv bei Scharfeneck im Leithagebirge.
(Nach einem Aquarell des Verfassers.)

Die Braun- und Rottange.*

„Ecco, Signore!“ sagte nach langwieriger Wanderung durch enge Gassen und Gärten, aus denen Erdbeerbäume und Granatäpfel über die Steinmauern lugten, mein Führer und wies mir die zoologische Station, die sich das Berliner Aquarium an der istrianischen Küste zu Rovigno erbaut hat.

Ein bescheidenes Gebäude, in dessen Kellern und Untergeschoß große und kleine Aquarien untergebracht sind, während oben in lichten Sälen die Wissenschaft herrscht. Als ich vor vielen Jahren dort war, arbeitete darin nur ein Forscher, Prof. P. Kuckuck, der jetzige Kustos an der biologischen Anstalt auf Helgoland, dem einzigen Institut in Deutschland, das sich, obgleich eigentlich eine zoologische Station, mit Eifer und Erfolg dem Studium der Tange widmet.

Mit ihm zusammen unternahmen wir eine Ausfahrt nach den Klippen und Untiefen der Küste, die mir schon deshalb unvergeßlich bleiben wird, weil mich mitten im Forschen und Bewundern der mir vordem fast unbekannten Pflanzenwelt des Meeres im wellauf-wellab des Kahnes zum erstenmal die Seekrankheit ergriff. . . .

Aber das hinderte nicht, daß ich den Eindruck eines Formenzaubers, vor allem aber einer Farbenpracht der unterseeischen Welt mitnahm, der mich von da an immer wieder

* Vergl. dazu als Ergänzung die ökologisch-floristischen Schilderungen in Bd. I, S. 469—478, sowie die dortigen Bilder.

Rottange der deutschen Meere.
(Faksimile aus P. Kuckuck, Der Strandwanderer. Tafel 10. München 1905. J. F. Lehmanns Verlag.)
(Fortsetzung S. 293 unten.)

an das Meer lockte, mich die ganze istrianische Küste und die dalmatinischen Inseln abstreifen ließ — und immer wieder abschreckte und daran hinderte, meinen Arbeitstisch dauernd mit Meerespflanzen zu besetzen.

So mag es auch anderen gegangen sein, denn im allgemeinen haben die 1200 bis 1500 Zunftbotaniker, die es derzeit etwa gibt, in jeder Generation kaum einige Dutzend Arbeiter auf diesem Gebiete hervorgebracht, trotzdem es an 900 Brauntange und weit über 1000 Arten von Rottangen gibt und es sich auf vielen Gebieten der übrigen Pflanzenkunde nicht mehr so einfach wie früher arbeiten läßt, hier aber in manchem sogar das Wissenswürdigste noch unbekannt blieb.

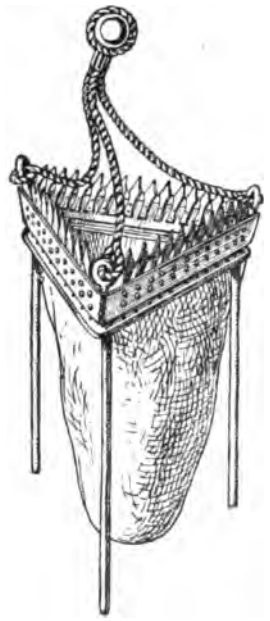
Die Schwierigkeiten der Tangforschung sind freilich auch nicht unerheblich. Die Badegäste, die sich an der West- und Nordseite Helgolands, dieses wahren „Tangparks", zur Ebbezeit an den großartigen Felstoren und Grotten ergötzen, finden dort allerdings auf dem breiten Felsgrund, der sich dann freilegt, eine unermeßliche Menge verschiedener Tange, auch sieht man an allen Küsten nach Stürmen stets eine große Menge von Meerespflanzen ausgeworfen. Doch blendet das nur den Neuling. Immer wieder sind es die gemeinsten Formen. Blasentang (Fucus), Knotentange (Ascophyllum), der Schotentang (Halidrys) und besonders Röhrentange (Polysiphoneen) werden an unserer Wasserkante überall angespült. Der Schotentang (Ectocarpus siliculosus), die Finger- und Zuckertange (Laminaria digitata und saccharina) und Gabeltange (Furcellaria) bilden gewöhnlich die weiten Bestände im Niedrigwasser; das gemeine Rotblatt (Porphyra laciniata), der gemeine Kammtang (Plocamium coccineum), Röhrentange (besonders Polysiphonia nigrescens) und Horntange (Ceramium rubrum), auch Dumontia filiformis (siehe das Bild) sind in den salzhaltigeren Meeren, in deutschen Gewässern also in der Nordsee, oftmals wahre Seeunkräuter. Sie sind es, die der Badegast an deutschen Küsten, aber auch zu beiden Seiten des Kanals, als Wunderwerke der Natur, als „Seaweed" auf Papierbogen aufgezogen, um teures Geld ersteht und als Trophäe heimbringt.

Man kann sich das billiger selbst herstellen. Fast alle Tange scheiden reichlich so viel Schleim ab, daß man sie damit selbst aufkleben kann. Man muß sie vorher nur gehörig mit Trinkwasser auswaschen, damit nicht Salz daran kristallisiert und immer wieder Feuchtigkeit anzieht. Am besten ist es, die Algen in einem Teller voll Süßwasser sich natürlich ausbreiten zu lassen, dann ihnen sachte einen derben Papierbogen unterzuschieben, mit dem sie ins Trockene gehoben werden.

Aber wie gesagt, auf solchem Wege erbeutet man eigentlich nur Unkräuter. Die Eigenart der Unterwasserwelt entfaltet sich, wie jede Eigenart, nur im Verborgenen, in jener Zone der Ufer, die auch bei Ebbe im Wasser steht, doch schon der zermürbenden Wirkung des Wellenschlags entrückt ist. Und dort ist es nicht leicht zu sammeln. Ohne

1 = Callithamnion corymbosum Lyngb. (Nord-Ostsee). 2 = Anthithamnion Plumula (E.) Th. (N.-O.). 3 = Horntang (Ceramium rubrum [Huds.] Ag.) (N.-O.) 4 = Ceramium Deslongchampii Chauv. (N.-O.). 5 = Seefeder (Plumaria elegans [B.] Schm.) (N.). 6 = Rhodochorton floridulum (D.) Näg. (N.). 7 = R. Rothii Näg. (N.-O.). 8 = Spinnentang (Halarachnion ligulatum Kg.) (N.). 9 = Polyides rotundus (Gmel.) Ag. (N.-O.). 10 = Dumontia filiformis Grev. (N.-O.). 11 = Gabeltang (Furcellaria fastigiata) H. Lam. (N.-O.). 12 = Cruoria pellita (Lyng.) Fries. (N.-O.). 13 = Petrocelis Hennedyi (Harv.) Batt. (N.). 14 = Peysonnelia Dubyi Cr. (N.). 15 = Hildenbrandtia prototypus Nard. (N.-O. verwandte Formen auch im Süßwasser). 16 = Melobesia membranacea Lam. (auf Furcellaria [N.-O.]). 17 = Lithothamnion Sonderi Hauck (N.). 18 = L. polymorphum (L.) Ar. (N.-O.). 19 = Korallenmoos (Corallina rubens L. (N.). 20 = C. officinalis L. (N.-O.).

Brecheisen und Schleppnetz geht es nicht, und schon diese erfordern den Aufwand besonderer Expeditionen. Die großen Kundfahrten, wie sie etwa die Challenger- oder „Valdivia-Expedition“ darstellen oder wie sie mit dem von Deutschland hierfür eigens erbauten Dampfer „Poseidon“ unternommen werden, bedienen sich dazu eines besonderen Grundnetzes, der Dredsche (s. das Bild), die bei stille haltendem Schiff auf Grund gelassen wird. Dann fährt man langsam ein Weilchen und schleift so das Netz am Meeresgrunde nach. Die reichlich abgerissenen Algen fallen in das Netz, und man kann auf solche Art viel, wenn auch nicht alles erreichen. Deshalb wird z. B. auf der 1872 begründeten internationalen zoologischen Station in Neapel, wo ein guter Teil unserer Kenntnisse über Tange erbeutet wurde, auch mit der Taucherglocke gearbeitet. Besonders der Algenforscher Berthold hat so auf dem Meeresgrund direkt botanisiert, und kein Zweifel: es läßt sich so vieles beobachten, was mit dem primitiven Losreißen der Tange nicht erreicht werden kann.



Schleppnetz (Dredsche), zur Erforschung der Tangflora des Meerbodens.

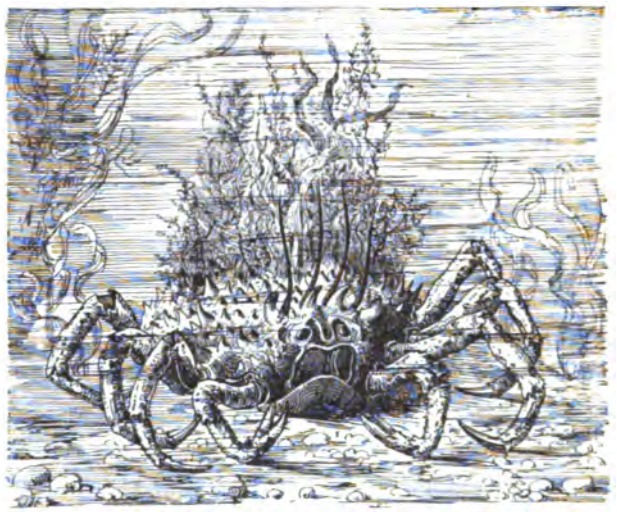
Angesichts der reichhaltigen Vegetation der Bucht von Neapel, namentlich der Felsenküsten von Capri und der Sorrentiner Halbinsel ist man enttäuscht, kein besonderes Becken mit Tangen in dem prächtigen Aquarium der Villa Nazionale vorzufinden, das im übrigen die schönste unter allen derartigen Anstalten ist, weil man dort nicht — wie sonst so häufig — im Sterben begriffene, kummervolle Gefangene, sondern wirklich munteres Leben zu sehen bekommt. Die Tange fristen dort nur gerade insoweit ein geduldetes Dasein, als der Meersalat (Ulva) manchen Fischen oder den Seehasen als Nahrung dient oder als sie gerade, wie die braunroten Vidalia-Arten oder manche Codium-, Cystoseira-Art oder Kalkalge, eine passende Staffage abgeben oder von Krabben und Meerspinnen benützt werden zu abenteuerlicher Maskerade (siehe das Bild auf S. 295). Und doch kann man auch hier schon sein helles Ergötzen daran haben. Ich habe mir, als ich vor diesen Schaustücken einer mit Schönheit bis zur Sinnlosigkeit verschwenderischen Natur stand, davon als unmittelbaren Eindruck folgende Schlagworte notiert: Sie schimmern wie die Stalaktiten einer Tropfsteinhöhle, nur noch weicher, glänzender, edelsteinartiger. Und dazu in allen Farben: da schwefelgelb, dazwischen purpurgelb, mit aufgesetzten zinnoberroten Flecken und fleischfarbenen Hintergründen. . . .

Um den wahren Begriff ihrer Schönheit zu erfassen, muß man langsam die Felsenküste eines der südlicheren Meere entlang rudern. Mir war dies vergönnt in der Adria, wo wir in aufregender Jagd bald Riemenfische verfolgten, bald Plankton fischten und an Skoglien entlang in der klaren blauen Flut Tangwiesen und Wälder fluten sahen, die in ihrer eigentlichen Heimat in etwa fünf Meter Tiefe wahre Blumengärten von höchstem Geschmacke erbauen. Die reizendsten Gesträuche, braunrot bis korallenfarbig, werden von den ganz gemeinen Röhren- und Horntangen in verwirrender Fülle an die Felsen geheftet. Dazwischen und darunter ducken sich brennende Rasen

Häufigere Tange der europäiſchen Meere. I.

1 Fucus vesiculosus (Blaſentang). — 2 Padina pavonia. — 3 Codium Bursa — 4 Porphyra vulgaris.
5 Sargassum.

von Gracilaria und Gelidium. Braun wie Eichenwälder im Winter ragen ganze Gestrüppe des Blasentangs (Fucus virsoides*) und Sträucher der Zystoseiren; Nitophyllum setzt purpurnes, breites Laub dazwischen, und wie Perlmutter schimmern und leuchten daraus die Fächerchen des Pfauwedeltanges (Padina). Laurencien bilden anderweitig ein fiederiges Dickicht, an dessen Rande glutfarbene Blattpflanzen stehen. Es sind Delesseria und das Rotblatt (Porphyra). Dazwischen aber wallen lange grüne, blaugrüne, braune, schwarze, fast violette Bänder, prangt manch grünes oder weißliches Räschen, und in Laubengängen wogen die großen Beerentange (Sargassum). Tiefer unten glühen noch schwach, wie aus einem violetten Sonnenuntergang, Nulliporenbänke, besetzt mit Kalkalgen (Lithophyllum, Corallina), die oft wie Rasenerz und Porphyrgestein anmuten. Dazwischen, namentlich im seichteren Wasser grünen die Filze gemeiner Wasserfäden, und Ralfsien legen schwarze Krusten auf das Gestein, an dem schmutzige Zotten von Schwingfäden (Oszillarien und Vaucherien) der Kleintierwelt und den Kieselalgen ein wohlig Bett bereiten. Verwirrt schon ein solches Übermaß, so gerät man vollends in Zweifel, da diese unterseeischen Wälder durchzogen und übersponnen sind von Überpflanzen und Übertieren. Da sitzt Alge auf Alge, und man weiß kaum, wie viel Pflanzen ein solcher Busch bedeutet. Hier stehen, wie reizende Moose und Strauchflechten anzusehen, Pflanzentiere dazwischen, Sertularien, die der friesische Fischer dem Badegast als „Seemoos“ verkauft, die aber in Wirklichkeit Hydroidpolypen sind; dort wachsen wie Ziegenbartpilze geformte gelbe Schwämme. Allerlei Fabeltiere, bezüglich derer die Wissenschaft selbst Jahrhunderte im Zweifel war, täuschen Pflanzenwuchs vor; die Obelia genannten Hydroidpolypen überziehen die großen Tangblätter mit Silberfäden, die gemeinen Seerosen (Actinia equina) schmücken bald grün, bald rot wie Liebesäpfel, bald aufgeblüht wie Dahlien, die Klippenflora mit Frucht und Blüten, zu denen am schlammigen Sand, wo die Tangvegetation ihr Ende findet, Röhrenwürmer (Sabella) noch einmal Wunderblumen in ganzen Beeten erblühen lassen. Und auf und zwischen den Tangen lebt und kriecht und krabbelt und wimmelt es! Auf den Ledertangen sitzen kalkige Posthörnchen (Spirorbis) zu Hunderten, krabbeln possierliche Meerasseln, Garnelen, Krabben, Meerspinnen,



Meerspinne (Maja) aus dem Aquarium zu Neapel, die sich im Tangwalde mit Algen besteckt, um sich zu maskieren.

* Der im Mittelmeer den Fucus vesiculosus des Nordens vertritt.

Fischchen, Würmer vom schönsten bis zum unappetitlichsten. Und das alles im überwältigenden Reigen, an jeder Klippe, an jedem Felsblock wieder anders, schöner, gewaltiger, ewig wechselnd und doch wieder zum Schluß einförmig, vor allem aber sinnverwirrend und jedes Lernens und Unterscheidens spottend — das ist der Tangwald, so ist die Algenwiese des Meeres.

Man kann einzelne Bilder von ihnen entrollen, man kann sie aber nicht erschöpfend darstellen, außer in einem vielbändigen Werk. Denn so viel hundert Rotalgenarten und Braunalgen auch schon beschrieben wurden, so sind es doch sicher erst Bruchstücke des Lebensreichtums!

Sie beleben eine Welt, die mit der unseren, mit der Welt der Luftwesen, wenig Gemeinsames hat, und in der doch wieder unsere Urahnen lebten. In der unterseeischen Flora gibt es auch eine Pflanzengeographie mit Florenreichen und Zonen und Vegetationsformationen, mit Wiesen, Wäldern, Überpflanzen, Parasiten, mit Laubwechsel und Sonderanpassungen und mit einer besonderen Physiologie und Anatomie. Dies alles aber ist so fern von den Gemeinbegriffen, daß man vergeblich Einzelheiten daraus erfahren will, wenn man sich nicht systematisch der Pflanzenwelt des Meeres widmen kann.

Hier kann man nur Fachgelehrter sein oder aber man kann das Reich der Tange nur so besuchen, wie der moderne Mensch reist: das Land mit der Geschwindigkeit eines Schnellzuges an sich vorüberziehen lassen, nur da und dort Aufenthalt nehmend, um ein paar Merkwürdigkeiten zu besichtigen.

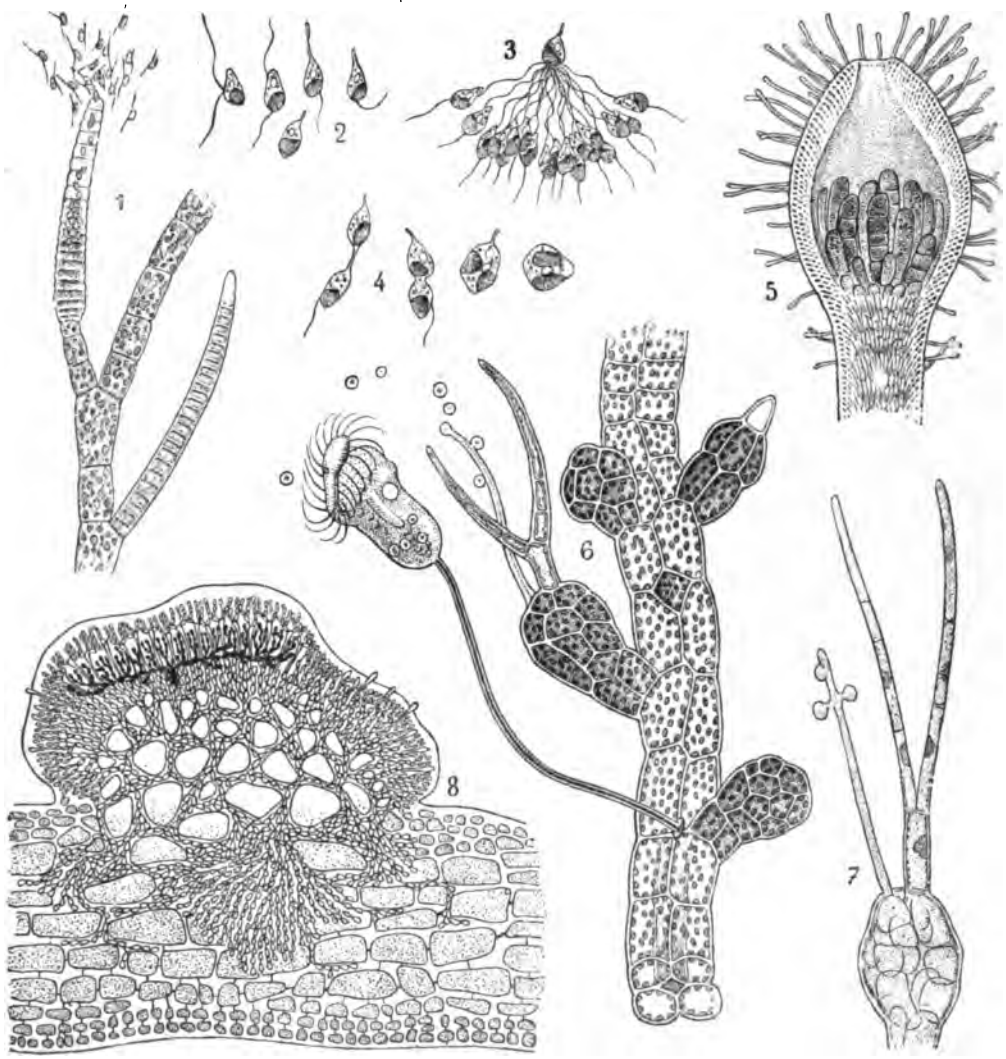
So wollen wir es auch auf der Reise nach den Gärten der Nereiden halten.

Zuvor ein paar systematische Vorbemerkungen. Man faßt die Pflanzenwelt des Meeres in vier Gruppen: Grünalgen — die wir schon kennen — Braunalgen (Phaeophyceen oder Fucoideen), Rottange (Rhodophyceen oder Florideen) und Blütengewächse, als da sind: die Seegräser u. dergl. mehr.

Die zwei Tanggruppen, die uns jetzt beschäftigen, kann man an folgendem unterscheiden: Wenn ein Tang braun oder olivengrün gefärbt ist, läßt sich darauf schließen, daß er zu den Phaeophyceen gehört; Rotalgen dagegen sind die buntesten aller Pflanzen: Rot, Violett, Blaurot, auch Rosa und Fuchsbraun sind die vorherrschenden Farben. Darin berühren sie sich mit der ersten Gruppe. Doch wird auch der Anfänger in der Phykologie nur selten darob in Zweifel geraten, da die Florideen fast nie mit den Brauntangen zusammenleben. Sie sind Freunde des Tiefwassers, das heißt, sie siedeln sich am häufigsten von etwa 3—5 m Tiefe bis zu etwa 150 m an, was auch jener Tiefe entspricht, in die noch Licht im Meere hinabdringt. Man erzählt zwar, es seien auch aus größeren Tiefen Rotalgen heraufgebracht worden, doch gibt es keine unbedingt sichere Angabe darüber.

Das sind freilich nur laienhafte Unterscheidungen. Die Wissenschaft hat die zwei Gruppen getrennt, weil die Rottange viel höher entwickelt sind. Nicht in der Gestaltung, denn in der „Blattpflanzenhaftigkeit" sind beide Gruppen etwa gleich, sondern in der Vermehrungsart. Die Fucoideen vermehren sich durch Schwärmsporen (nur die höchst entwickelte Familie der Fucaceen hat keine), die Florideen haben dieses Stadium schon überwunden. Sie vermehren sich zwar auch noch vegetativ durch sogenannte Tetragonidien, die sich zu vier in besonderen Behältern (Sporangien)

bilden (siehe das untenstehende Bild), aber das tritt zurück hinter einer wohlentwickelten Geschlechtlichkeit, die zu Generationswechsel führt und Sporenfrüchte erzeugt. Im Kreise der Braunalgen ist das alles viel einfacher. Ihre höchst entwickelte Familie, die Fucaceen, hat zwar die Fortpflanzungsorgane auch schon an geschützten Stellen, in besonderen Hilfsorganen verborgen, doch sind die einfachsten Lebewesen dieser Art, wie z. B. Ectocarpus confervoides (R.) Le Jol. oder Sphacelaria



Die Fortpflanzung der Braun- und Rottange (vergl. dazu Bd. II, S. 500).
1—4 = Gametenbildung des Schotentanges (Ectocarpus siliculosus). 1 = Ein Zweig mit unreifem und sich entleerendem Gametangium. 2 = Weibliche Schwärmer. 3 = Eine weibliche Gamete, von „Männchen" umschwärmt. 4 = Kopulierende Gameten. 790fach vergrößert. (Nach Thuret.) 5 = Konzeptakel des Korallenmooses (Corallina mediterranea) mit Tetrasporen. (Vergrößert nach Solms.) 6 = Der Befruchtungsvorgang des Röhrentanges (Polysiphonia subulata). Sproßende mit noch unentwickelten Karpogonien und einem befruchtungsreifen Karpogon, das ein Gabelhaar und die Trichogyne trägt, der das Glockentierchen die Spermatien zuwirbelt. 480fach vergr. (Nach Dodel.) 7 = Zystokarp von Polysiphonia insidiosa. (Nach Bornet.) 8 = Ein auf Rhodomela parasitisch lebender Rottang (Harveyella mirabilis). Die sporenbildende Generation, die sich aus dem befruchteten Ei mit Hilfe der Auxiliar-Zellen bildet und in der Mutterpflanze lebt, ist schwarz eingezeichnet. (Nach Sturch.)

nicht nur im Wuchs so einfache verzweigte Zellenfäden wie eine Draparnaldia unter den Grünalgen, sondern sie entsenden auch Schwärmer wie eine Kraushaaralge und verlassen sich auf deren Verschmelzung. Wenn man auch derzeit noch meilenweit davon entfernt ist, die Stammesgeschichte der Tange schreiben zu können, soviel läßt sich doch wohl schon mit gutem Gewissen vertreten, daß die braunen Geißelzellen (ich rufe hier Ochromonas, Dinobryon und Synura, namentlich aber Hydrurus von S. 91 in Erinnerung) uns den Ausgangspunkt dieser Entwicklungsreihe andeuten. Namentlich Hydrurus, dessen bis 1/3 m langes Lager ohnedies so sehr wie ein Brauntang des Meeres anmutet, daß man dieses kolonienbildende Geißelwesen bis vor wenigen Jahren auch dafür gehalten hat, weist dem Denken die Richtung, wie man sich die Entwicklung der Tange im Laufe der Erdgeschichte vorzustellen habe.

Man kann sich nun natürlich nach dieser sehr allgemein gehaltenen Schilderung noch kein anschauliches Bild von dem Leben und von der wahren Bedeutung der marinen Vegetation für den Kreislauf der Naturkräfte machen. Darum ergänze ich sie mit einigen Beschreibungen, die ich mir als die belehrendsten und anziehendsten aus dem immerhin großen, einige hundert Bände und Abhandlungen umfassenden Schrifttum über die Tange notiert habe. Vielleicht mag einiges darüber vorausgeschickt werden, wo denn mehr über den Gegenstand zu erfahren ist? Der Nordländer Agardh war im Verein mit den Engländern Harvey und Hooker, den Franzosen Bornet, Thuret, Sauvageau und Lamouroux der Begründer der Tangwissenschaft. Man erkennt daraus leicht, daß die Natur eines Landes den Gegenstand bestimmt, dem sich seine Erforscher zuwenden. Das klippenreiche Skandinavien hat uns in Kjellmann, L. Rosenvinge und N. Wille tüchtige Phykologen beschert. In unserem Vaterland haben sich Pringsheim, Kützing, Berthold, Falkenberg, Reinke, Schmitz, Oltmanns und Kuckuck hervorgetan, ferner sind die Schweizer Cramer und Nägeli zu erwähnen; auch das österreichische Meer wurde von Lorenz, Hauck, Frauenfeld und anderen wacker durchforscht. Wer also mehr zu wissen wünscht, als er hier erfährt, schlage die Werke dieser Männer auf.

Viel hat man sich um das Auffälligste der Tange, um ihre wunderschöne Farbe bekümmert. Ihr Braun und Rot ist verwandt mit dem Blattgrün. Der Florideenfarbstoff löst sich im Wasser, wenn die Pflanze stirbt, und dann werden die Chromatophoren reingrün. Dieses Phykoërythrin (roter Farbstoff) ist also neben dem Chlorophyll vorhanden. Außerdem aber gibt es auch (z. B. bei Bangia) einen blauen und regelmäßig noch einen gelben Farbstoff (Xanthophyll). Aus diesem reichen Farbenkasten erklärt sich dann leicht das so überaus wechselnde Kolorit der Pflanzen.

Die Brauntange enthalten Phykophäin (braunen Farbstoff), Blattgrün und Blattgelb. Die zweite Stufe des Wissens zwingt, sich mit dem Warum der Erscheinungen zu beschäftigen, d. h. der echte Gelehrte gibt sich nicht damit zufrieden zu wissen, daß es rote und braune Tange gibt, sondern er fragt: warum sind diese Farbstoffe da? Daß die Rotalgen im lichtärmeren, die Braunalgen im sonnigeren Wasser sitzen, leitete darauf, in dem Farbstoff eine Anpassung zu sehen, um Lichtstrahlen von verschiedener Wellenlänge so zu verwerten, wie das reine Blattgrün das Licht, das auch uns Menschen umströmt. Diese Hypothese hat Gaidukov aufgestellt und mit manchem guten Grunde belegen können; sie hat auch viel Wahrscheinlichkeit für sich.

Eine so ganz abgezirkelte Einteilung in Zonen, wie sie hier aus lehrhaften Gründen behauptet wird, gibt es natürlich in der Natur nicht. Ihre Gesetze gelten auch sonst nur im allgemeinen. Hauck, der eine sehr lehrreiche Zusammenfassung der Tangkunde bearbeitete, unterscheidet z. B. in der Adria vier Regionen. Eine Uferzone, oberhalb der Flutlinie, in der natürlich nur Schaumspritzer etwas Feuchtigkeit verbreiten. Hildenbrandtia und Bangia heißen die Leittange dieser „Spritzzone", der in den deutschen Meeren oder an den gotländischen Küsten besonders noch Nemalion, Porphyra, Sphacelaria angehören. (Als Merkwürdigkeit soll man dazwischen auch noch Flechten finden.) Dann folgt die Litoralregion; dahin gehören

Blasentange (Fucus vesiculosus) und Knotentange (Ascophyllum nodosum) in der Litoralzone der Klippen auf den Faröer-Inseln bei Ebbe.

Arten, die es ertragen, auf ein paar Stunden trocken gelegt zu werden. Der derbgemeine Blasentang (Fucus vesiculosus) fühlt sich hier sehr wohl (s. das Bild), und an den Küsten der Adria auch eine Menge grüner und roter Faden- und Blattalgen. Als eigentliche Heimat der Tange stellt aber Hauck die 5 m Tiefe hin. 300 Tange hat er an den Felsen der Adria gefunden, davon leben 256 in diesem Gürtel. Unter ihm sitzen dann nur noch Tiefalgen, vor allem Kalkalgen (Corallina). Er fand hier 57 Rottangarten, 15 Brauntange, 10 Grüntange. Ich führe die Zahlen deswegen an, weil man an ihnen die Gaidukovsche Theorie messen kann. In dieser Brunnentiefe stellen sich dann auch gerne die verschiedenen Lichtschutzapparate ein, die nach Bertholds Forschungen im I. Bande unseres Werkes (S. 101) dargestellt wurden.

So eigenartige Verhältnisse des Vorkommens bedingen natürlich nicht weniger auffallende Anpassungen.

In kalten Meeren leben vielfach andere Tange als im ständig lauen Wasser. Kjellmann hat aus den Polarmeeren eine üppige Algenflora geschildert und hinzugesetzt, daß es dort im Durchschnitt 1,5—2° Kälte im Winter hat, daß aber die Algen der Litoralzone, ohne Schaden zu nehmen, auch bei 30° Kälte trocken liegen. Im Mittelmeer hat das Wasser in der Tiefe etwa 12,5° Wärme, an der Oberfläche schwankt dies zwischen 8—27°. Trotzdem gibt es gemeinsame Formen. Es gliedert sich die Tangflora überhaupt nicht sehr merklich nach dem Klima, obzwar z. B. in der Adria Hauck die Arten des Nordens nur in der Tiefenregion beobachtete. Dagegen kennt man ausdauernde und verschwindende Tange und vor allem einen sehr merkwürdigen Laubwechsel. Nemalion erscheint in der Ostsee stets im August an der Oberfläche, viele Florideen überwintern, die Blasentange aber fruchten und wachsen das ganze Jahr. Über das Wie? und Warum? der Erscheinung wird natürlich noch viel zu forschen sein. Der Laubwechsel ist am besten bei den großen Riementangen (Laminaria) studiert. Um Helgoland und an den finnischen Schären vollzieht er sich vom Februar bis März, im Mittelmeer früher, im Eismeer später, woraus hervorgeht, daß die Lebenserscheinung von gewissen Bedingungen abhängig ist. Die Erneuerung des blattartig ausgebreiteten Teiles (der als Laub bezeichnet wird) geht von einer eingeschobenen teilungsfähigen Zelle, also einem Vegetationspunkt, aus, der an der Grenze zwischen Stiel und Laub liegt und von Zeit zu Zeit eine neue Blattfläche herstellt, worauf das alte zerschlitzte, von den Wogen zerfetzte Laub ohne Schädigung der Pflanze sich ablösen kann. Auf dem Bild, das diese Erscheinung erläutern soll, sieht man auch zahlreiche wurzelartige Gebilde. Das sind aber keine Wurzeln; solche erzeugen die Algen, da sie Mineralstoffe und das Wasser unmittelbar mit ihrer ganzen Oberfläche aufnehmen, nicht. Sondern es sind Stützgebilde, vergleichbar den Stelzenwurzeln, die junge Maispflanzen in die Erde senken, um ihren Halt zu sichern. Man nennt sie hier Hafter oder Krallen und kann sie nicht anders als biologisch-psychistisch mit dem Bedürfnis

Tracht eines Riementangs (Laminaria Cloustoni) mit Haftern, Stiel und Blattspreite, die sich gerade im Laubwechsel befindet. (Nach Oltmanns.)

nach festem Halt erklären. Diese Pflanzen erreichen eine imponierende Größe; in ihren Reihen sind überhaupt die allergrößten Gewächse zu finden. Macrocystis pyrifera Ag. heißt die gewaltigste Art, die im Indischen Ozean und in der Südsee sich in etwa 15—70 m Tiefe festheftet und von da ein beblättertes Lager entsendet, das bis 200 m (nach einigen Angaben bis 300 m) lang werden kann und frei auf dem Wasser flutet. Auch Nereocystis Lütkeana wird 100 m lang. Auch Laminarien werden sehr mächtig; 5 m hohe Fingertange (L. digitata) sind nichts Seltenes in der Nordsee. Der größte Tang der europäischen Meere ist die an den englischen und nordischen Küsten lebende Phyllaria bulbosa, ein Brauntang, dessen Stiel über einen halben Meter erreicht, dessen Blattspreite 2—4 m mißt. Auch die vielbestaunten Lessonia-Tange, die unterseeische Palmenhaine in der Südsee und Antarktis bilden, sind gar ansehnliche Gewächse mit mehrere Dezimeter dicken Stämmen und so hoch wie ein mittlerer Apfelbaum.

Natürlich können so gewaltige Lebewesen nicht bestehen ohne sorgfältig durchgeführte Arbeitsteilung und eine gewisse Gliederung. Schon der Anblick der paar Typen von Meeresalgen, mit denen sich dieser Abschnitt schmückt, wird Staunen auslösen, wie sehr in dem Tangwald bereits die Tracht der Blütenpflanzen angenähert ist. Wurzeln, Stamm und Stengel, Blätter, die ganze morphologische Gliederung der höheren Pflanze wird vorweggenommen, ohne jedoch im strengen Sinne den betreffenden Organen zu entsprechen. Die Lessonien sehen wie Palmen aus, ebenso die Postelsien; Nereocystis erinnert an eine Rübe, freilich mit 15 m langen Blättern, Cladostephus sieht wie ein Moos aus, die Zuckertange und Alarien wie Farne, Peyssonelia und Lithophyllum wie Krustenflechten, Halidrys hat Eichenblätter, Plocamium und Polysiphonia haben strauchartigen Wuchs, und so könnte man die Beispiele in lange Reihen ordnen. Leider ohne Nutzen, denn noch ist zu wenig von den Gestaltungsgesetzen bekannt. Nur gewisse Anpassungen weiß man zu deuten, so z. B. die Schwimmblasen, nach denen man eine biologische Gruppe der Tange als Bojentange bezeichnet.

Solche Schwimmblasen geben dem Beerentang (Sargassum bacciferum) die überraschende Ähnlichkeit mit beerentragenden Sträuchern; eine 3 m lange Schwimmblase ist auch die „Rübe" von Nereocystis; durch birnförmige Luftblasen erhält sich die riesige Blättergarbe der Macrocystis schwimmend. Darwin erzählt in seiner „Reise eines Naturforschers um die Welt", daß in den südlichen Meeren auch nicht ein einziger, der Oberfläche des Meeres naher Fels gefunden wurde, der nicht von diesem schwimmenden Tang gleichsam wie von Bojen umgeben gewesen wäre. Er meint, daß diese Beete von Seegras ausgezeichnende schwimmende Wellenbrecher bildend, schon manches Schiff vor dem Schiffbruch bewahrt haben. „Es ist ganz merkwürdig zu sehen", sagt er, „wie schnell die Wellen aus dem offenen Ozean, wenn sie durch diese Stengelschichten durchgehen, an Höhe abnehmen und in glattes Wasser übergehen."

Solche schwimmende Tange haben allerdings früher, ehe man ihr Wesen kannte, manchen Schrecken verbreitet. Seit der Entdeckungsfahrt des Kolumbus, dessen Gefährten sich fürchteten vor dem Anblick eines Meerstriches, der mit großen Büscheln seltsamer Pflanzen bedeckt war, hat man unendlich viel gefabelt über diese Sargassoseen. Sie sollten den Schiffen die Durchfahrt verwehrt haben, sie sollten die geheimnisvolle

Grenze bilden, wo sich die Zeiten und das Klima scheiden. So große Wichtigkeit maß man ihnen bei, daß noch heute auf manchen Landkarten die verschiedenen Sargassowiesen in den Weltmeeren getreulich eingezeichnet sind. Aber man hat damit nur einer Kuriosität übergroße Wichtigkeit beigelegt. Sargassum vulgare und baccíferum Ag., das massenhaft an den Küsten des mexikanischen Meerbusens wächst,

Die Riesentange des Weltmeeres.

1 = Birnentange (Macrocystis Humboldtii Ag.). 2 = M. luxurians Hook. 3 = Zuckertang (Laminaria saccharina Ag.). 4 = Orecchio di mare (Padina pavonia Lam.). 5 = Palmentang (Lessonia fuscescens Bory). 6 = Fingertang (Laminaria digitata Ag.). 7 = Alaria esculenta Gr. 8 = Netztang (Dictyota dichotoma Gr.). 9 = Postelsia palmaeformis Rupr. 10 = Nereocystis Lütkeana.

(Mit teilweiser Benützung eines Aquarells in Schleiden-Voges, Das Meer.)

wird durch Stürme abgerissen, gerät in den Golfstrom und wird von ihm an gewissen Stellen zusammengetrieben. Wohl sinken die Pflanzen bald vermodert zu Boden, doch andere folgen nach, und so segelt stets ein mehr oder minder großes Heer von Algenbüscheln, schwankend, lose oder gedrängt auf den Wellen wie verlassen treibende Schiffe, deren es zum Unbehagen der Seefahrer auch stets welche in allen Zonen gibt. Das ist die Wahrheit über die Phantasien von Sargassoseen, denen Otto Kuntze, einer der neueren botanischen Weltreisenden, überhaupt die Existenz abspricht, weil er nie besondere Tangwiesen sah, auch wenn die Seekarten sie verzeichneten.

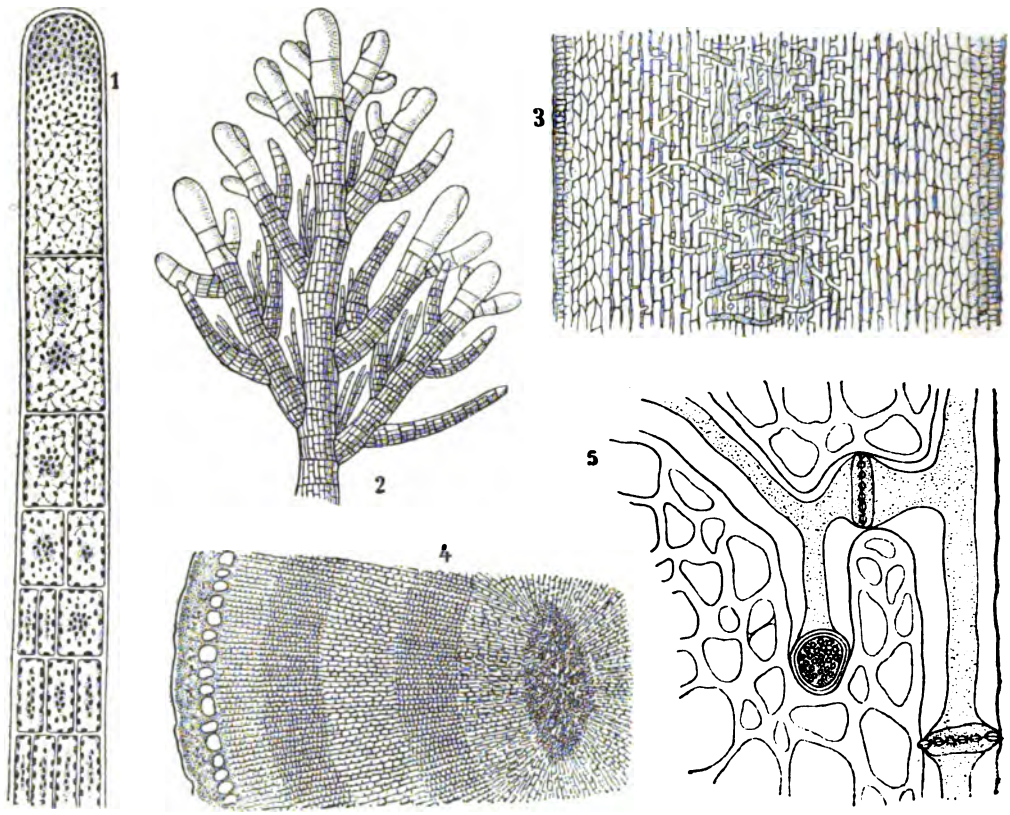
Früher war die Naturforschung voll von solchen Histörchen und Fabeleien, als Nachklang der großen Angst, die das Unbekannte und scheinbar Unerforschliche dem Naturunkundigen einflößt. Ihre Spuren trifft man ja noch heute bei dem weniger Gebildeten an, als Angst vor Gewittern, als Abscheu vor Kröten oder Spinnen, als Ekel vor Infusorien u. dgl. mehr. Die Wissenschaft hat das alles freilich schon längst überwunden und schöpft Begeisterung, ja Gemütserhebung aus Dingen, die der gemeine Mann für keines Blickes würdig hält. Es ist sogar ein Maßstab für die Tiefe der Einsicht und Weite des Blickes: was jemand für erforschenswürdig hält. Man würde es gar nicht glauben, wenn man es nicht auf Schritt und Tritt bestätigt sähe, daß sogar die Naturforscher früherer Jahre in dem inneren Bau und den Lebensverhältnissen der Tange nichts Forschungswürdiges sahen, sondern nur in dem Unterscheiden und Benennen der Formen. Deshalb verfügt man leider auch heute noch nicht in so vielem der Naturkunde über die Kenntnisse, die der ungeduldig fragende Geist gerne besitzen möchte.

Von dem inneren Bau der Tange weiß man zwar schon, daß er ganz den besonderen Lebensbedingungen entspricht. Die Stengel und Stämme haben großen Anforderungen an Zugfestigkeit zu genügen, denn Wellenschlag und Strömungen zerren stets an ihnen. N. Wille, der daraufhin Untersuchungen anstellte, fand bei den Fucaceen besondere Einrichtungen, durch die sie der Brandung widerstehen. In den Stielen und Mittelrippen des Laubes bilden sich dieserhalb besonders elastische, dehnbare und dickwandige Zellen aus.

Im großen ganzen erinnert die Gewebebildung der Tange stark an die der Grüntange oder der Pilze, erreicht also noch nicht die Arbeitsteilung der höheren Pflanzen. Fädige Zellreihen, die man Hyphen nennt, bilden ein lockeres Mark in den Stielen, um die sich ein wohlgebautes Rindengewebe lagert. Wie bei höheren Pflanzen, erzeugen sich bei den Riesentangen (z. B. den Laminarien) eine Art Jahresringe, wenn auch nicht nach Art der Bäume, da die äußerste Schicht der Rinde stets teilungsfähig, d. h. meristematisch bleibt. Eine feinere Gliederung zu Organsystemen ist in diesen Gewächsen unverkennbar, und wenn man ihr anatomisches Studium von dem Gesichtspunkte einer vergleichenden Anpassungslehre aus betreiben wird, lassen sich viele weittragende Erkenntnisse erwarten.

Der Spreitenteil ist bei den Riementangen (Laminarien), die so ziemlich am besten in anatomischer Hinsicht studiert wurden, ganz ähnlich gebaut wie die Stiele. Mark und Rindenzellen sind auch hier vorhanden, nur sind alle Zellen noch von braunen oder roten, verschieden geformten Farbstoffträgern bewohnt; die aber nicht Stärke, sondern Fett herstellen.

Eine anatomische Besonderheit der Birntange (Nereocystis und Macrocystis), von Laminaria und Fucus sind die in allen Lehrbüchern erwähnten Siebröhren im Marke, die wohl den Anfang eines Leitungssystems darstellen und sehr an entsprechende Verhältnisse der Blütepflanze erinnern. So sind diese Gewächse eine wunderliche Mischung von niedriger Herkunft und hohen Anpassungsfähigkeiten.



Der feinere Bau der Tange.

1 = Spitze eines Sprosses von Sphacelaria racemosa Grev. mit den Farbstoffträgern und wabigem Plasma. Stark vergrößert. 2 = Sproßspitze eines Brauntanges (Stypocaulon). (Nach Reinke.) 3 = Längsschnitt durch den Stiel eines Riementang- (Laminaria) Keimlings, um die Hyphen des Marks und das Zellgewebe der Rinde zu zeigen. 4 = Querschnitt durch den Stiel einer älteren Laminaria. Von außen nach innen folgen die Rinde, Schleimgänge, „Jahresringe" und das Mark. 5 = Siebzellen, mit Siebplatte und Kallusbildung aus dem Stiele von Nereocystis. (3—5 nach Oltmanns.)

Wie einfach sie im Grunde genommen sind, geht hervor aus der Art der Fortpflanzung, die in keiner Beziehung die Lebenshaltung der Süßwasseralgen übersteigt, außer vielleicht darin, daß (verursacht durch die gigantischen Maße) auch die Sporangien der Brauntange dem freien Auge sichtbar werden als oft handbreite Anhäufungen auf dem Laube. In der Wissenschaftsprache hat man sie treffend Sori genannt, weil sie den gleichnamigen Organen der Farnkräuter wirklich auf den ersten Blick ähnlich sehen (vergl. das Bild in Bd. II, S. 500). Die Fortpflanzung der Brauntange erfolgt sowohl durch Zoosporen, als auch durch Befruchtung von besonders hergerichteten Eizellen. Von den diesbezüglichen Unterschieden der Rotalgen war schon vorhin die Rede.

Der Blasentang (Fucus) ist seit den klassischen Untersuchungen des französischen Algenforschers Thuret das vielgenannte Paradigma dieser Vorgänge. Der Hinweis auf die Bilder erklärt sie genügend, wenn man dazu das in Erinnerung bringt, was man an den höheren Süßwasseralgen, an Volvox, Coleochaete, Chara lernen konnte. Nur die Fachbezeichnungen, nicht das Wesen der Vorgänge wechselt. Die Pflanze treibt besondere Äste (man nennt sie Rezeptakeln), an denen, mit freiem Auge als Grübchen erkennbar, in Einsenkungen Oogonien und Antheridien entstehen. Die Spermatozoïden sind denen der Kugelalge nicht unähnlich. Merkwürdig ist es, daß die Befruchtung nach Abstoßung der Eier im Meere erfolgt. Je nachdem, ob die Pflanze außerdem Schwärmsporen entsendet, teilt man die Brauntange in zwei Reihen: in Cyclosporeae (wohin nur die eine Familie der Fucaceen gestellt wird) und Phaeosporeae, die einfacher sind, was zu bedeuten hat, daß sie noch nach Art der Urwesen Zoosporen aussenden, ebenso Gameten, die im Wasser kopulieren wie die Panzermonaden. Solches zeigt man im Bilde gewöhnlich von Ectocarpus, sollte es aber nicht bei der trockenen Anführung der Tatsache genügen lassen, sondern hinzusetzen, daß sich daran eine der wunderbarsten Äußerungen des Innenlebens der Pflanze beobachten ließ. (Vergl. das Bild auf S. 297.)

Berthold hat nämlich zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß die männlichen Gameten von E. siliculosus in ganz reizender Weise die weiblichen Schwärmerzellen umwerben. Wo eine solche Zelle sitzt, kommt bald ein oder ein paar Dutzend männliche Schwärmer herbei; sie strecken die längere ihrer zwei Geißeln auf das Weibchen aus und zappeln hin und her. Dann nähert sich eines und vollführt die übliche Verschmelzung. Schon die erste Annäherung des Bewerbers ist für die Konkurrenten Anlaß, um sich zurückzuziehen. Solche Tatsachen verdienten immer wieder hervorgehoben zu werden, wenn sich irgendwo die Meinung breit macht, man könne das Leben der Pflanze auch bei Außerachtlassung ihres Innenlebens befriedigend verstehen.

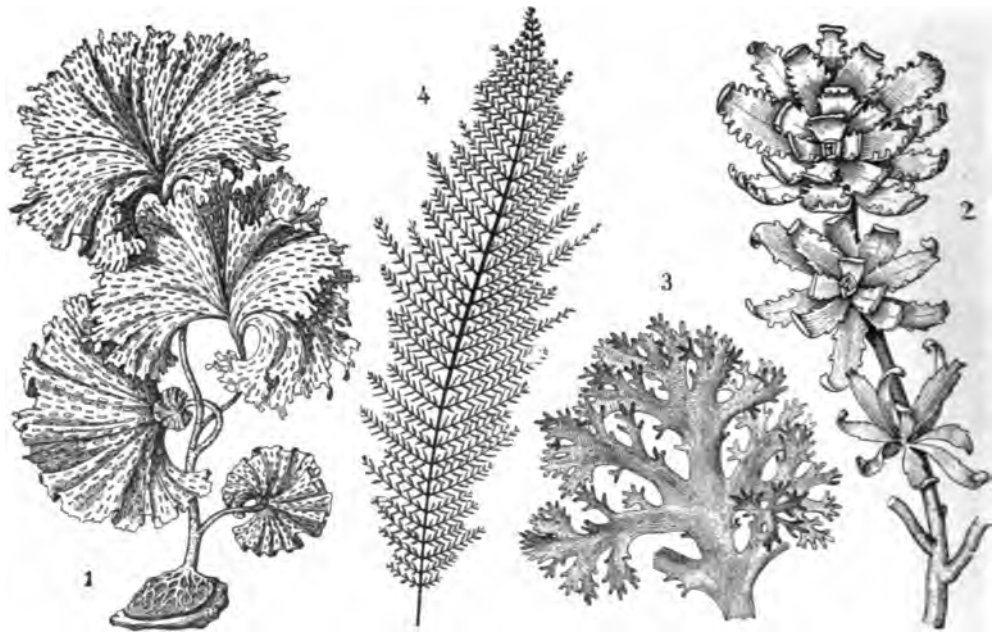
Bei den Florideen wird mit Recht als besonders bemerkenswert für ihre Fortpflanzung hervorgehoben, daß sich der Generationswechsel der höheren Pflanzen schon bei ihnen eingestellt hat. Unsere Erwartung, die nach der außerordentlichen morphologischen Gliederung der Tange auch einen entsprechend hohen inneren Bau erwartete, wurde somit eigentlich enttäuscht. Diese Abwechslung geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Generationen, von denen sich die sporenbildende manchmal (Beispiel: die Familie der Nemalion-Tange) in der anderen zu Ernährungszwecken so festsetzt, wie dies bei den Moosen geschieht (siehe das Bild auf S. 297), ist aber doch wieder ein Fingerzeig, daß sich das Plasma, seitdem es im Laufe der Lebensgeschichte auf die Erfindung der Arbeitsteilung geriet, auf sehr frühen Stufen bereits auf seine höchsten Lebensformen vorbereitete.

Die Tetragonidien der Rottange (s. Bild S. 297) sind im einfachsten Fall, so bei der auch in reißenden Bächen lebenden Bangia atro-purpurea C. Ag., amöbenhaft bewegliche Zellen. Bei den eigentlichen Florideen entstehen sie gewöhnlich zu vieren (daher der Name) in besonderen Sporangien, entweder an der Spitze kurzer Seitenäste oder auf dem Lager außen (Ceramium) oder unter den Rindenzellen.

Die geschlechtliche Fortpflanzung weicht von jener der übrigen Algen ab und nähert sich wieder in einem Punkte mehr der von Blütenpflanzen. Die Sper-

matozoiden sind nämlich nicht mehr beweglich, sondern wie der Pollen von gewissen Wasserpflanzen werden sie durch Wasserströmungen oder durch Infusorien, die hier die Rolle der Befruchter übernehmen, den Eizellen zugeführt. Das Carpogonium, wie man hier den Empfängnisapparat nennt, stellt einen kurzen Zellfaden dar, dessen oberste Zellen häufig in ein Haar (Trichogyn) enden, an das sich das Spermatium anlegt, um die Befruchtung zu vollziehen.

Um dieses Hauptereignis gruppieren sich noch allerlei verwickelte Vorgänge und Hilfsbildungen (Auxiliar-Zellen), die sporentragende Büschel herstellen und deren Darstellung schon deshalb übergangen werden kann, da daraus heute noch nichts von allgemeinerem Werte abzuleiten ist. Dagegen wäre noch manches zu sagen von der Systematik und Bedeutung der Tange.

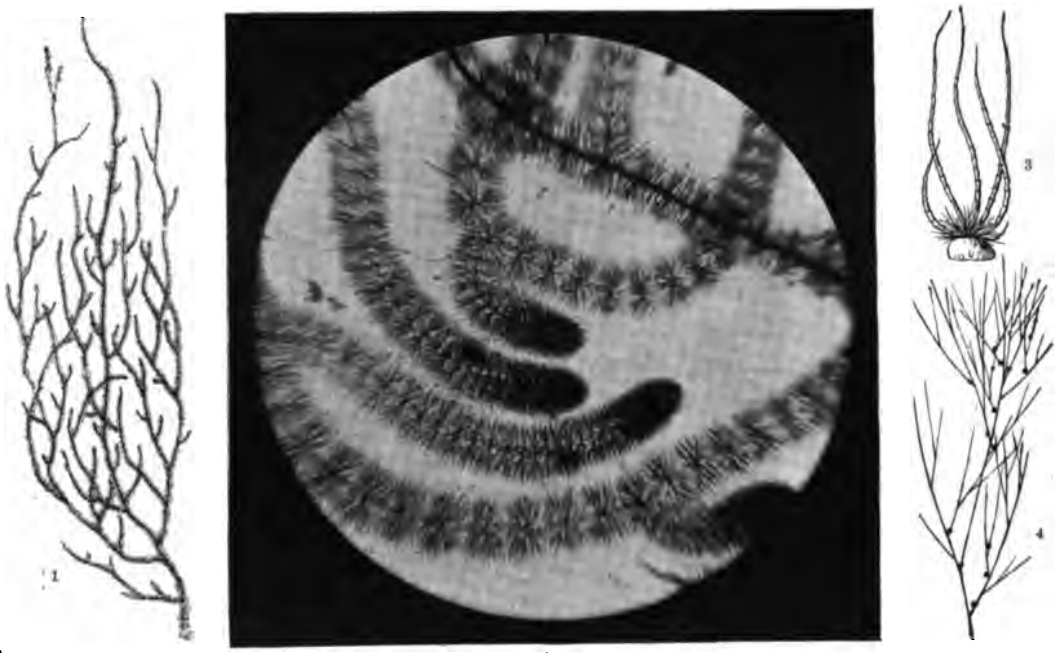


Schönheitsformen aus dem Tangwalde.
1 = Thallasiophyllum clathrus P. (Rottang). 2 = Amansia glomerata Ag. (Rottang). 3 = Platoma cyclocolpa (M.) Schm. (Rottang). 4 = Federtang (Ptilota plumosa [L.] Ag.), [Rottang].
Mit Ausnahme von Fig. 1 (verkleinert) in natürlicher Größe.

Soweit es tunlich war, sind wir mit den wichtigeren Phaeophyceen schon bekannt geworden. Von den 19—20 Familien und etwa 160 Gattungen sind nur wenige artenreich.* Die ganze Gruppe ist sehr zersplittert, was immer auf eine Fülle von Sonderanpassungen deutet. Nur zwei Familien, die Riementange (Laminariaceae) und Blasentange (Fucaceae), haben 22 bezw. 26 Gattungen; von ihnen sind Sargassum und Cystosira, Macrocystis und Lessonia Charakterpflanzen der südlichen Meere, während Fucus, Agarum (Bild Bd. I, S. 470), Laminaria Leitgewächse unserer nordischen Meere sind, Nereocystis aber ist die kennzeichnende Pflanze der Nordgestade des Stillen Ozeans.

* Die meisten Arten haben Sargassum (150), Cystoseira (60), Ectocarpus (40), Laminaria, Dictyota, Cystophora (30), Alaria (18), Fucus (16).

Die Rhodophyceen sind, wie schon erwähnt, systematisch noch mehr gegliedert. 21 Familien mit 300 Gattungen und mehr als dreimal so viel Arten umfassen sie, von denen viele Gattungen, wie Polysiphonia (150 Arten), oder Laurencia, Nitophyllum, Delesseria, Melobesia, Corallina, Gracilaria, (alle an 50 bis 60 Arten) dem Hydrofloristen außerordentliche Schwierigkeiten bereiten, wie denn selten irgendwo so viel schlechtbeschriebene Formen unterschieden werden, als in dieser Pflanzengruppe. Wenn sie auch in keinem Meere fehlen, und mit besonderer Vorliebe auf größeren Tangen als Raumparasiten wuchern, so sind sie doch nicht solcherart



2

Rottange des Süßwassers.

1 = Thorea ramosissima Bory in natürl. Gr. 2 = Batrachospermum moniliforme, mäßig vergrößert. 3 = Lemanea torulosa (Ag.) Sir. in natürl. Größe. 4 = Chantransia corymbifera Th. mit Früchten ca. 130fach vergrößert. (Fig. 1, 3, 4 nach Schmitz, Fig. 2 Originalphotographie von Prof. Dr. O. Zacharias.)

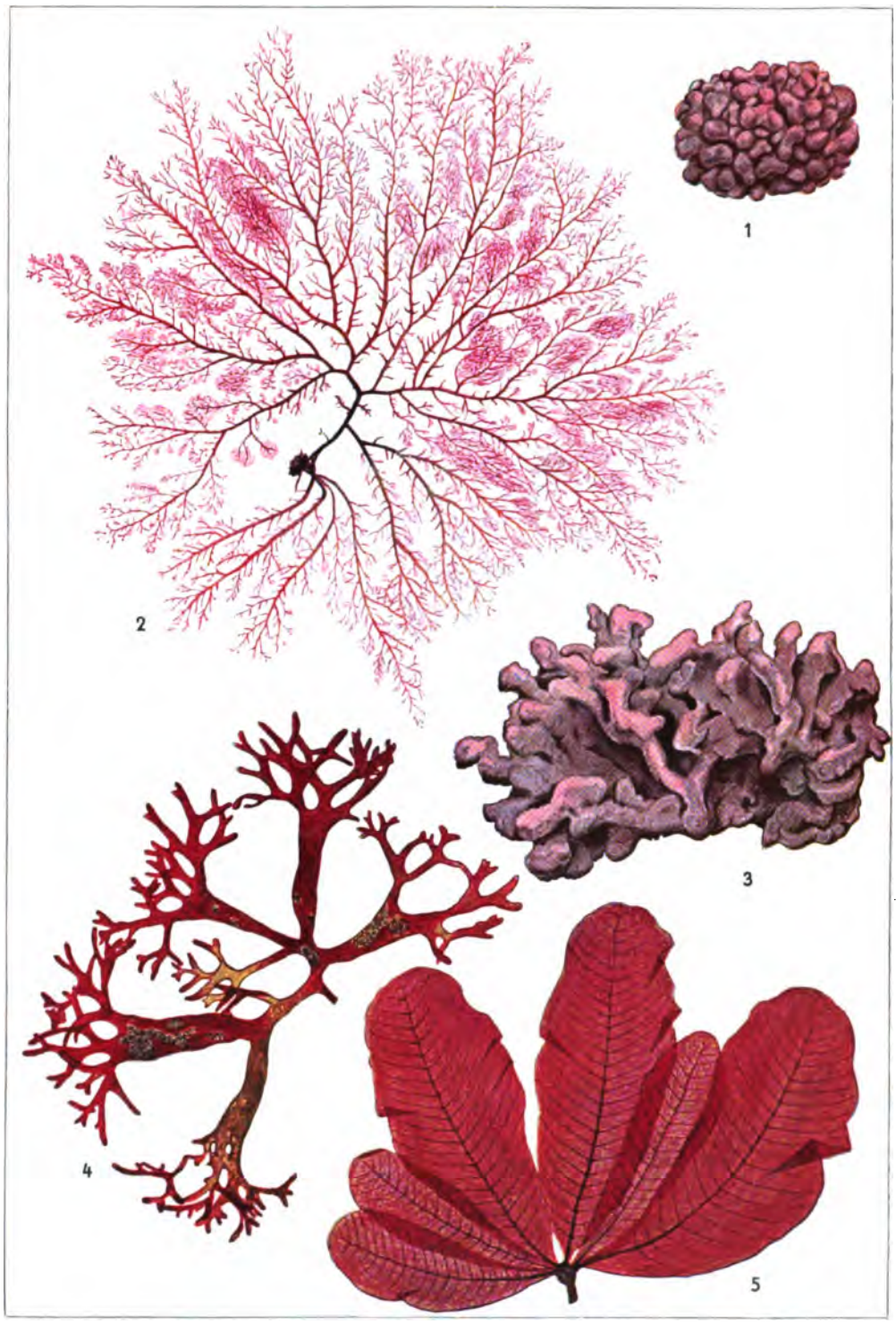
kennzeichnend wie die Brauntange, außer etwa die Korallinenbänke der wärmeren Meere oder Halidrys in den borealen Gewässern. Im allgemeinen scheint die Verbreitung der Tange stark von dem Salzgehalt der Flut abzuhängen, sonst könnte man es sich nicht erklären, warum die westliche Ostsee um etwa 140 Algenarten reicher ist als ihre östlicheren Teile, die ganze Ostsee aber um etwa 70 Arten ärmer als die Nordsee.

Eine besondere biologische Gruppe, die den Naturfreund wohl fesseln mag, sind einige Braun- und Rottange, die im Süßwasser leben, von denen wir hier die Froschlaich-Alge (Batrachospernum moniliforme Roth) im Bilde vorführen. Sie ist ein Rottang, der in Quellen, Bächen, auch in Teichen ziemlich selten zu treffen ist. Auch Chantrasia chalybaea Fr., Bangia atro-purpurea Ag., Lemanea, Hildenbrandtia rivularis Ag. sind Rottange schnellschießender Gebirgsbäche, manchmal auch an Mühlenrädern wachsend, während Thorea, Lithoderma,

Pleurocladia lacustris A. Br. kleine Brauntange sind, die teils in Gebirgsbächen wohnen, teils wie Thorea im Rhein (Straßburg, Worms) und in der Donau gefunden wurden. Pleurocladia ist ein berühmtes Pflänzchen. Seine braunen Räschen sind eine Spezialität der Umgebung von Berlin, wo sie der Kenner z. B. im Tegelsee zu finden und zu schonen weiß als Einwanderer vom fernen Meere.

Doch das sind nur Kuriositäten, deren Kenntnis uns nicht hinwegtäuschen soll darüber, daß wir über die wahre Bedeutung der Meerestange noch bei weitem nicht so viel wissen, als es wünschenswert ist. Für den Haushalt des Okeanos müssen sie einfach unentbehrlich sein. Schlägt man eines der Reisewerke unserer großen Naturforscher auf, so treten auf mancher Seite solche Andeutungen hervor. Eine sehr schöne Beschreibung verdanken wir der Weltreise Darwins. Er sagt in dem Buche, das er über sie schrieb, über die Tangwälder an den feuerländischen Küsten: Die Zahl lebender Wesen aller Ordnungen, deren Existenz ganz wesentlich von den Algen abhängt, ist wunderbar. Man könnte einen dicken Band mit der Beschreibung der Bewohner dieser Macrocystis-Beete füllen ... Auf den Blättern heften sich (neben korallenartigen Tieren) auch verschiedene patellenartige Schnecken, Trochus-Arten, Nacktschnecken und einige Muscheln an. Zahllose Krustentiere bewohnen jeden Teil der Pflanze. Schüttelt man die großen verwickelten Wurzeln, so fällt ein Haufen von kleinen Fischen, Muscheln, Tintenfischen, Krabben aller Sorten, Seeigeln, Seesternen, wunderschönen Holothurien, Planarien und kriechenden nereïdenartigen Würmern heraus. So oft ich auch einen Zweig von Kelp (so lautet der englische Vulgärname dieser Tange) aufnahm, ich fand immer Tiere von neuer und merkwürdiger Struktur ... Ich kann diese großen submarinen Wälder der südlichen Hemisphäre nur mit den Landwäldern der Tropen vergleichen. Und doch glaube ich nicht, daß, wenn in irgendeinem Lande ein Wald zerstört wird, auch nur annähernd so viel Tiere zugrunde gehen würden, als hier mit der Zerstörung des Tanges. Zwischen den Blättern der Pflanze leben zahlreiche Arten von Fischen, welche nirgends anderswo Nahrung und Schutz finden würden. Mit ihrer Vertilgung würden auch die vielen Kormorane und andere von Fischen lebenden Vögel, die Ottern, Robben und Meerschweine untergehen, und endlich würde auch der Wilde des Feuerlandes, der elende Herr dieses elenden Landes, seine kannibalischen Mahlzeiten verdoppeln müssen und vielleicht zu existieren aufhören!

Gegenüber diesen Ausblicken schrumpft allerdings das bißchen Industrie und sonstige Nutzbarkeit stark zusammen, die wir den Tangen im Laufe der Zeiten abgewonnen haben. Die Römer haben aus dem Fucus einst Schminke bereitet, der arme Fischer der Normandie und der englischen Küsten deckt mit Tangen seine Hütte und gibt sie seinem Vieh, namentlich den Schafen, zum Futter, seinen Feldern als Dünger; Kelp und Varec waren einst an den atlantischen Küsten Dinge, die Wohlhabenheit sicherten. England verpachtete ehemals seine Tangufer, und im atlantischen Frankreich lebten bis 30000 Menschen von der Herstellung der Soda aus den getrockneten Tangen (besonders Laminaria und Fucus). Aber das ist alles mit den chemischen Industrien der Neuzeit fast ganz verschwunden. Nur Tangkohle ist noch geschätzt, und seitdem man entdeckte, daß in den Blasentangen Jod steckt, der Veilchenstoff, der Kröpfe zerteilt und Drüsenleiden heilt, verarbeitet besonders Glasgow den irischen und schottischen Kelp noch immer in Menge.



Häufigere Tange der europäiſchen Meere. II.

1 Lithothamnion crassum. — 2 Plocamium coccineum. — 3 Lithothamnion fasciculatum. — 4 Chondrus crispus. 5 Hydrolapathum sanguineum.

MICH.

Chinesen, Eskimos, Iren und Schotten essen manche Tange als Gemüse, als Suppe und Gelee; aus Chondrus crispus und Gigartina wird das Irländische Moos (Karragheen) gekocht; aus dem Zuckertang (Laminaria saccharina), der 12—15 % Mannit, also soviel Zucker enthält wie eine Zuckerrübe, kocht man Sirup. Hier schlummern die Keime neuer Industrien, und wenn Not und fortschreitende Bildung uns an diese Schätze des Meeres mehr denken lehrt, wird das „Tangkapitel" sicher noch einmal zu einem sehr wichtigen in den Pflanzenbüchern, so wie es in der alten Apotheke geschätzt war und teilweise noch ist, da nicht nur Jod viel verlangt wird und das Karragheen, sondern auch die Wundstifte (Stipites Laminariae) noch immer in Gebrauch sind. So nennt man getrocknete Laminarien, deren Schleimgehalt sie befähigt, im Feuchten zu quellen, weshalb sie mit Erfolg zur Erweiterung und Offenhaltung von Wundkanälen verwendet werden.

Und schließlich: was wäre die Bakteriologie ohne Agar-Agar? Diese gallertige Substanz kann man aber noch nicht chemisch herstellen, sondern muß sie aus dem Morgenland einführen. Durch andere Gallerte läßt sie sich deshalb nicht ersetzen, weil sie ihre Festigkeit noch bei höheren Temperaturen bewahrt als Gelatine. Eine ganze Anzahl von Rottangen* versorgt die bakteriologischen Laboratorien damit.

Und diese so vielfach nutzbaren und lebenserhaltenden Pflanzen wissen uns auch noch im Tode zu dienen. Gerade unter den Rottangen der Meerestiefe finden sich die am meisten typischen Kalkalgen. Die Familie der Korallenmoose (Corallinaceen) speichert in der Haut des Laubes so viel kohlensauren Kalk auf, daß die Pflanzen steinhart werden (siehe die Farbentafel). Melobesia membranacea ist eine solche Alge, die in der Nord- und Ostsee oft Zostera und verschiedene Gabeltange (Furcellaria) mit harten Krusten überzieht. Um Helgoland liegen im Geröll häufig schön violett-rote „Steine", die der Kenner sofort als Lithothamnion- und Corallina-Algen einschätzt. Ihre eigentliche Fülle erreichen sie aber erst in den wärmeren Meeren, wo sie in der Tiefe ganze Kalkbänke errichten. Und damit nehmen sie teil an dem großen Werke der Erbauer unserer Erde. Ihr stilles Leben in den Jahrtausenden hinterläßt mächtige Gesteinschichten, sogar ganze Klippen und Gebirge.

Wenn man an den dalmatinischen Inseln entlang fährt und auf der Algensuche im Schleppnetz immer wieder die rötlichen Korallensteine aus der blauen Tiefe heraufzieht, da ahnt man wohl ihr großartiges Werk, aber ganz kann man es erst ermessen, wenn man den Erdgeschichtsforscher darum befragt. Denn er sagt uns, daß schon die Meere der Jura und Kreidezeit, ja noch des Tertiärs von ungeheuren Mengen dieser Rotalgen belebt waren. Noch heute stehen Gebirge, fast ganz aus Nulliporen erbaut, wie der Geologe die fossilen Kalkalgen nennt.

Wer von den Höhen um Wien nach Osten zu die sich im Dunst weiter Ebenen verlierende Stadt überblickt, wird von einer sanften Bergkontur gefesselt, die an der ungarischen Grenze hinzieht bis zu den schrofferen Abstürzen und Wänden, die zu den Alpen hinleiten. Das ist das Leithagebirge, ein schönes Waldland mit einer verlorenen Geschichte, als deren stumme Zeugen unglaublich kühne Burgruinen und verfallene Klostertrümmer mitten im Walde ragen, oft auf Klippen, so steil und jäh wie

* Solche sind Gracilaria- und Encheuma-Arten, der Gallerttang (Gelidium cartilagineum) u. a. mehr.

die Nulliporenbänke in der Adria. Die Ähnlichkeit ist kein Zufall. Es sind auch Kalkalgenklippen, auf denen Scharfeneck und Rauheneck errichtet wurden und die vielen anderen Burgen der Berge, die das Becken der Wiener Ebene von drei Seiten umsäumen. Sie bezeichnen den Uferrand einer uralten Meeresbucht, an dem unter der wärmeren Sonne des Tertiärs sich das Stilleben der Tange breitete, bis das Meer durch den Donaudurchbruch abfloß und neue Zeiten kamen. Heute werden die Leithakalke in zahlreichen berühmten Steinbrüchen gebrochen — aus ihnen sind alle die Prachtgebäude Wiens errichtet, die glänzende Ringstraße, der Stephansdom, ja das ganze alte und neue Wien wohnt in Häusern, in deren Wand die Spuren der emsigen Arbeit geprägt sind, durch die sich die Korallentange versunkener Äonen am Leben erhielten.

Man könnte wahrhaftig ein schönes Märchen schreiben vom „Wiener Kalk"; eine fremdartige Geschichte, eine Fabel, daß die Erde ein lebend Wesen sei, das aus sich immer Leben auswirft, das unserem Sein durch den toten Leib vergangenen Lebens nützt, also wohl auch diese Welt einst als Baustein eines uns noch unfaßlichen künftigen Lebens verwenden wird. Die Korallenalgen der Adria bauen heute schon an den Weltstädten kommender Jahrmillionen.

Wichtige Schriften über Braun- und Rottange.

1. Agardh, J. G., Species, genera et ordines Algarum. 1848—1876.
2. Berthold, G., Die geschlechtliche Fortpflanzung der eigentlichen Phaeosporeen. (Mitt. d. zool. Station zu Neapel. 1881.)
3. Falkenberg, Die Meeresalgen des Golfs von Neapel. (Mitteil. d. zool. Station z. Neapel. Bd. I.).
4. Harvey, W. H., Phycologia britannica. London 1846—1851.
5. Harvey, W. H., Phycologia australica. 1858—1863.
6. Hauck, F., Die Meeresalgen. (Rabenhorsts Kryptogamenflora.) Bd. II. 1885.
7. Kützing, Phycologia generalis oder Anatomie, Physiologie und Systemk. d. Tange. Leipzig. 1843.
8. Kjellmann, F. R., The algae of the artic Sea. (Svenska Vetensk. Akad. Handl. 1883.).
9. Kjellmann, F. R., Handbok i. Skandinaviens Hafsalgflora. 1890.
10. Reinke, J., Algenflora der westl. Ostsee. Kiel 1889.
11. Reinke, J., Atlas deutscher Meeresalgen. 1°. 1889—91. (Prachtwerk, doch nur Torso, in zwei Heften.)
12. Schmitz, F., Systematische Übersicht d. bisher bekannten Gattungen d. Floridеen. (Flora 1889.)
13. Thuret, G., Recherches sur les zoospores des algues. (Annales d. scienc. natur. Sér. 3. 1850).
14. Wille, N., Beitrag z. Entwicklungsgeschichte d. physiol. Gewebesysteme b. ein. Florideen. (Nova Acta Leop.-Carol. 1887.)
15. Zanardini, Iconographia phycologica adriatica. Venezia 1865—1869.

Außerdem zahlreiche Arbeiten in den Sammelwerken:

15. Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. Abteil. Helgoland und
16. Fauna und Flora des Golfes von Neapel, herausg. von der zoolog. Station in Neapel in zahlreichen Bänden.

Ebenso die zusammenfassenden Darstellungen der Algen von Oltmanns, De Toni und in Engler-Prantls natürl. Pflanzenfamilien die betreffenden Abschnitte von Kjellmann, Schmitz und Hauptfleisch.

Über fossile Tange schrieben:

17. Unger, F., Beiträge zur näheren Kenntnis des Leithakalkes. (Denkschr. d. Akad. der Wissensch. zu Wien. 1858).
18. Gümbel, C. W., Die Nulliporen des Pflanzenreiches. (Abhandlung der bayr. Akad. der Wissensch. München 1872).

Über die Kultur von Tangen orientiert:

19. F. Noll, Über die Kultur der Meeresalgen im Aquarium. (Flora. 1892. Bd. 75).

Die Pilze.

Man kennt gegenwärtig etwa 20000—35000 Arten von Pilzen, die man in 14 Ordnungen, gegen 100 Familien und beiläufig zehnmal soviel Gattungen einteilt. Die vier Hauptklassen: die Algenpilze (Phycomycetes), die Schleimpilze (Myxomycetes), Schlauchpilze (Ascomycetes) und die Ständerpilze (Basidiomycetes) werden weniger nach der Art der Erscheinung, als nach der Art ihrer Fortpflanzung voneinander unterschieden. Die Schleimpilze oder Pilztiere stehen allen anderen dadurch gegenüber, daß ihr Vegetationskörper, der dauernden Form entbehrend, eine membranlose Protoplasmamasse ist. Die Algenpilze kennzeichnen sich auch noch dadurch gegenüber den anderen Klassen, daß sie meist einzellig sind. Sie besitzen auch geschlechtliche Vermehrung, denn sie bilden Zygosporen oder befruchten sich in oogamer Weise. Bei Basidiomyzeten und Askomyzeten ist die Geschlechtlichkeit zurückgetreten. Diese Pilze vermehren sich ungeschlechtlich und zwar die letzteren durch exogen, äußerlich abgeschnürte Sporen (Conidien genannt), die ersteren aber durch endogen, in Schläuchen (Asci) gebildete Sporen (Askosporen). Die ganze Abteilung aber unterscheidet sich von den ihr nahestehenden Algen durch völligen Mangel an Blattgrün.

So hat man etwa den Unterricht in der Pilzkunde, die man gelehrt Mykologie nennt, in der alten Schule begonnen und in diese Sätze zusammengedrängt die Grundlagen der Systematik eingeprägt, deren übermäßige Pflege so lange den Mangel einer wahren Lebenskunde verdeckt hat.

Die Aufgabe eines modernen Botanikers, der Pilzkunde vortragen soll, ist unvergleichlich schwieriger. Es gibt keinen Lehrkurs, der all das Wissenswerte umfassen könnte, was man von diesen 35000 Pilzarten weiß. Die Pilze sind in der Botanik das, was die Insekten in der Tierkunde. Es soll an 200000 Insektenarten und in Deutschland viele hundert Männer, neuerdings auch schon Frauen geben, die ihren Geist nur zur Unterscheidung und Untersuchung von Insekten verwenden. So unglaublich dies scheint, so wahr bezeugt es mir meine Erfahrung, weil ich früher selbst eifriger Insektenforscher und Mitglied entomologischer Klubs war. Da gab es sehr ehrenwerte und scharfsinnige Männer, die nur dann mitsprachen, wenn von Mikrohymenopteren die Rede war; das Stichwort für andere war die Familie der Chrysididen; jener war elektrisiert, wenn man das Wort Brakoniden aussprach, dieser nur auf Kleinschmetterlinge eingestellt. Eine ähnliche Spezialisierung erforderten auch die Pilze, wenn ihr Studium ebenso populär wäre, wie das der Kerfe. Ihre Freunde müßten dann Vereine für Fungi imperfecti, Pyrenomycetenklubs und Blätterpilzgesellschaften gründen, so wie es Schmetterlingsvereine, Kakteenklubs und eine deutsche Dahliengesellschaft gibt — in Frankreich übrigens auch bereits eine mykologische Gesellschaft.

Ich erwähne diese Kuriosa, um den Vorwürfen von vornherein die Spitze zu nehmen, daß hier nur einiges aus der Naturgeschichte der Pilze vorgetragen werden kann. Denn man wird es doch nicht bezweifeln, daß nur jenes Buch den meisten Nutzen schafft, dessen Darstellungsweise sich am vollkommensten seinem Gegenstand anpaßt. Geißelzellen und Süßwasseralgen kann nicht nur der Gelehrte, sondern auch der Naturfreund leicht selbst beobachten. Soweit sich die „floristischen Lebensbilder" auf sie bezogen, war es daher zweckgemäß, dazu die Form einer „Anleitung zum Studium" zu

wählen, auch war es wohl angebracht, da die allgemeinen Gesetze des Pflanzenlebens und der Soziologie so leicht aus ihnen zu erschließen sind, in jenen Abschnitten mehr das wissenschaftlich Botanische und Naturphilosophische hervortreten zu lassen. Aber schon aus den Tangen konnte nur noch ein „Lesestück" gemacht werden, so wie aus den Spaltpilzen nur ein „Ausflug" auf das Gebiet der Lebensführungsreform, die sich aus der Naturbildung ergibt. Und so wird man auch wohl zustimmen, wenn aus dem Reiche der Pilze nur ausgewählte Kapitel geboten werden, gerade nur so viel, als ihre Kenntnis dem gemeinen Leben, der Technik, dem Gärtner und Landwirt Nutzen bringt. Wir wollen absichtlich hier die Spezialistenkenntnisse vermeiden. Dagegen verspreche ich mir davon großen Nutzen, sich an dem kurzen Abriß einer Biologie der Pilze zu versuchen. Man hat das seit De Bary noch nicht gemacht, trotzdem die Lebensweise, die Anpassungen und die inneren Kräfte der Pilze höchst anziehend sind und sehr dazu beitragen können, unser Bild vom Wesen der Pflanze plastischer zu gestalten.

In Kürze wiederholt: der wissenschaftlichen Botanik soll nur mit einer Biologie der Pilze Tribut gezollt werden, dreiviertel des zu Gebote stehenden Raumes aber will ich der angewandten Pilzkunde widmen. Die enorme praktische Wichtigkeit dieser Lebewesen vertritt diesen Standpunkt als bester Anwalt. Man erwäge doch, was die Hefepilze für die Industrie bedeuten! Hunderte von Millionen allein in Deutschland sind angelegt in der auf ihren Lebenseigenschaften aufgebauten Gärungsindustrie: in Bierbrauereien, Spiritusbrennereien, Preßhefefabriken. Steinpilz, Champignon und Trüffel, dieser Dreiklang allein bedeutet weitere Millionen; er bedeutet Volksnahrung, wenn auch noch nicht so sehr bei uns, als in Frankreich, wo man den Wert der eßbaren Pilze schon ganz anders erfaßt hat. Getreiderost, Brand, Obstbaum- und Rübenkrankheiten wüten dort, wo man ihnen ohne botanische Kenntnisse gegenübersteht, ärger als ein Krieg. Das bunte Pilzhütchen, in dem Unverstand nur einen leicht zu missenden Aufputz des Waldes sieht, hat sich als wichtiges Glied in der Kette der Lebendigen erwiesen; bildet es doch die Pilzwurzel (Mykorrhiza), die sich mit den Wurzeln der Waldbäume verspinnend, den meisten, vielleicht allen Waldbäumen erst das Dasein erlaubt.

Das sind die vier wichtigsten Beziehungen der Pilze zum Haushalt des Menschen. In das Maß umgerechnet, für das jeder Verständnis hat, bedeuten sie für das Jahresbudget eines Volkes rund viele hundert Millionen.

Neben den großen Ziffern verbleicht es allerdings, daß Pilze auch gefährliche Fischfeinde sind, aber die Berichte der Fischzüchter verzeichnen immer wieder, daß bald in den Brutanstalten die Eier massenhaft absterben, bald, namentlich im Karpfen- und Goldfischteich, ein epidemisches Sterben anhub, da Fadenpilze (namentlich Saprolegnia Thureti D. B. sich auf den Flossen, in den Kiemen ansiedeln, ja bis ins Fleisch der armen Fische dringen, daß sie an Entzündungen zugrunde gehen.

Die Älteren von uns wissen sicher auch, mit welchem Schrecken die Starrsucht der Seidenraupen, die sogen. Muscardine einst die Seidenraupenzüchter erfüllte. Der Verursacher, Botrytis Bassiana Bals., ist ein kleiner schimmelartiger Pilz.

Der Tierarzt kennt die Aktinomykosen, die durch den Strahlenpilz (Actinomyces bovis Harz*) verursachten gefährlichen Erkrankungen des Rindes, die auch auf

* Von manchen Forschern für eine Cladothrix-Art gehalten.

den Menschen übergehen, weshalb dessen „Pilzkrankheiten", so wie die der Haustiere, gar manchen Arzt beschäftigen. Eine der harmlosesten, das „Schwämmchen", in der Vulgärsprache als „weher Winkel" bezeichnet, haben wir als Kind alle mitgemacht, denn der Soorpilz (Saccharomyces albicans) gelangt zu leicht mit Speisen, namentlich aber, wenn uns Unverstand einen „Schnuller" in den Mund steckte, auf Wunden der Schleimhäute, wo er sich festnistet. Zur praktischen Mykologie gehören ferner: der Pilz der Kahlköpfigen (Trichophyton tonsurans Malmst), der in den Haarwurzeln lebt, der Pilz der Kleienflechte (Microspora furfur Rob.), hierher gehören so unappetitliche Übel wie der Kopfgrind unreinlich gehaltener Kinder, von denen die Weisheit der „lieben Frau Nachbarin" hartnäckig behauptet, es sei das „Blut", das sich durch ihn reinige, während in Wirklichkeit gerade durch das beliebte „alles so gehen lassen, wie es Gott gefällt", in diesem Fall nur ein Schmarotzerpilz (Achorion Schönleinii R.), recht blühend gezüchtet wird. Weiterhin Huf- und Fingernägelkrankheiten, sowie hundert andere Plackereien des Alltags, vom „Schimmel" auf Speisen und dem Abwasserpilz (Leptomitus lacteus) und Brunnenzopf, der in Ausläufen von Stärke- und Zuckerfabriken und in Brunnen wahre Pestilenz verbreitet, bis zum gefürchteten Hausschwamm (Merulius lacrymans Schum., Bild anbei) und Porenschwamm (Polyporus vaporarius). Von den Verheerungen dieser beiden kann sich niemand eine Vorstellung machen, der nicht selbst erlebt hat, mit welcher grausamen Zähigkeit der übelriechende Gast ein Haus unbewohnbar machen kann.

Zimmer, durch den Hausschwamm (Merulius lacrymans) zerstört. (Nach Tubeuf.)

Dieses viele, was hier vom Schaden und Nutzen der Pilze angedeutet ist und erst ein Bruchstück dessen umfaßt, was sie uns Menschen wirklich zu schaffen geben, rechtfertigt zur Genüge nachstehenden Vorschlag:

Einzelbilder aus dem Pilzwalde würden uns diesen Wald vor Bäumen nicht sehen lassen, denn sie sind ziemlich einförmig und würden fortwährende Wiederholungen erfordern. Nicht in der Gestaltung, sondern in den Eigenschaften, schärfer umrissen: in den chemischen Kunststücken der Pilze steckt ihre Bedeutung. Darum schlug ich demjenigen, der sich Naturbildung über sie erwerben will, vor, sich zuerst eine mit Lebensweise und Sonderkräften der Pilze bekannt machende Anleitung zu suchen, damit er die Elementarbegriffe über sie soweit beherrschen lerne, um sich mit Erfolg mit den Schädlingen und Nützlingen unter ihnen selbst beschäftigen zu können. Erst nach dieser nur die Interessen der Wissenschaft vor Augen haltenden Einführung in das Leben der Pilze wird es fruchtbar sein, jene drei Abschnitte zu studieren, in denen das für die Praxis Wissenswerte über die technischen und eßbaren Pilze sowie die Schädlinge des Hauses und Feldes, des Gartens und des Waldes vorgetragen werden soll.

Das Leben der Pilze.

Welche Pilze kennen Sie? Ich lege die Frage einigen gebildeten Städtern vor und erhalte prompt die Antwort: Nun, den Champignon, den Steinpilz ... Dann folgt eine kleine Kunstpause ... der Rostpilz fällt einem von ihnen ein, und mit einiger Nachhilfe kann ich ihnen auch noch Schimmelpilze ins Gedächtnis rufen. Dann aber ist das Erinnerungsfach der Pilze endgültig ausgeräumt.

Also darf man wohl nur an diese drei gemeinbekannten Dinge, an den Blätterschwamm, den Rost und den Schimmel anknüpfen. Schon aus ihnen läßt sich etwas sehr Wesentliches erkennen. Man erinnere sich: Sie sind nicht grün; zwei von ihnen wachsen gar nicht im Erdboden, Rost und Schimmel sind nicht einmal pflanzenhaft und dazu noch zwerghaft klein; der „Schwamm" aber ist ein Ding, wie es solche unter Pflanzen sonst nicht gibt. Woher diese Unterschiede? Ich frage meine Freunde wieder. Ein Voreiliger meint: sie sind doch alle Schmarotzer. Ein Bedächtiger sagt nach langem Überlegen: das kommt wohl von ihrer Ernährung her! — und ein ganz aufrichtiges Menschenkind schaut mich mit lieben Augen treuherzig an und lächelt: darüber habe ich wirklich noch nie nachgedacht. ...

In einem scherzenden Wort ist damit das Elend unserer Bildungszustände und unserer Erziehung verraten. Nicht Kenntnisse mitteilen, die, wie man sieht, jeder vergißt, sondern zum Denken anregen muß der wahre Volkslehrer für jung und alt; ja, bis hoch in die wissenschaftliche Gesellschaft hinein reicht die unfreiwillige Ironie des Blondköpfchens, das von Schimmel und Rost mit leichtem Sprung zum Leben wies. Wir denken zu wenig selbständig nach .... mit diesem Satz könnte man auch ein Universitätskolleg der Mykologie beginnen und damit erklären, aus welcher Quelle

Schimmelformen.

1 = Haptotrichum roseum, auf türkischem Tabakpapier (1b). 2 = Penicillum aureum, auf moderndem Holz (2b). 3 = Dactylium fumosum, auf faulenden Umbelliferen (3b). 4 = Aellomyces aureus, auf Schimmel an moderndem Holz. 5 = Alternaria tercutis auf Schimmel.

(Bilder und Text sind Faksimile aus Corbas Schimmelwerk als einem Beispiel der alten Pilzfloren.)

die große Verwirrung gespeist wird, in der die Pilzkunde geblieben ist, seitdem es eine solche gibt, warum gerade sie nur ein Garten voll verdorrter Kenntnisse ist und warum noch keine Biologie der Pilze geschrieben wurde, die an Stelle dürrer systematischer Reiser ein Blumenbeet von seltenem Reiz sprießen lassen könnte.

Aus wenigen Begriffen kann man mit folgerichtigem Denken, trotzdem gerade in der Pilzkunde die Überfülle verwirrt und Schwierigkeiten immer wieder mit Trübung drohen, eine erstaunliche Fülle von klaren Einsichten in das Wesen des Pilzlebens ableiten. Ich habe es behauptet, ich muß es beweisen.

Der Nachdenkliche unter meinen Freunden hat recht: die Ernährung erklärt das Meiste an der so wechselnden Erscheinung der Pilze. Sie nähren sich anders wie die grünen Pflanzen, also sehen sie auch anders aus. Wo lebt der Schimmel? Auf Speiseresten, auf Früchten, an feuchtem Leder und feuchtem Holz. Also an feuchten Orten und auf stickstoffhaltigen Substanzen. Blattgrün hat er nicht, deshalb sind wir ohne Anhaltspunkt darüber, ob er die Luft zersetzt oder nicht. Wer naturwissenschaftlich denkt, läßt es sich bei solchem Zweifel nicht verdrießen, ein Experiment zu machen. Ein Glassturz, ein Teller und ein Stück befeuchtetes Brot genügen dazu. Ein paar Tage reichen hin, daß auf dem Brot unter dem Glassturz weißer „Schimmel" auftritt. Wenn er schneeweiß ist, mit schwarzen Pünktchen besät, dann ist es gewöhnlich der Köpfchenschimmel (Mucor stolonifer, siehe Bild auf S. 318); ist es ein blaugrünes Polsterchen, meist der Pinselschimmel (Penicillum, vergl. das Bild auf S. 316), doch gibt es auch noch manche andere. Die Namen tun aber nichts zur Sache, sondern worauf es ankommt, ist, daß *das Brot binnen ein paar Wochen von den Schimmelpilzen aufgezehrt wird*. Sie essen also Brot. Wer ganz wissenschaftlich feststellen will, was sie essen, der stelle sich eine *Pilznährlösung* her, deren Rezept unten zu finden ist*. Es sind organische Salze, denen man aber noch etwas Rohrzucker oder Oxalsäure zusetzen muß, damit auf solcher Kulturflüssigkeit ein Schimmelpilz gedeihen kann.

Und nun denke man nach. Sagt uns nicht die Natur, daß dieser Schimmelpilz dem Tiere wieder in einem Punkte näher steht als die grüne Pflanze, z. B. eine Alge? Denn so wie ein Tier, braucht auch er organische Nahrung, und sie entsteht nur durch grüne Pflanzen oder durch von solchen lebende Tiere. *Der Pilz ist also von dem Vorhandensein anderer, toter oder lebendiger Wesen abhängig***, so wie wir Menschen auch. Und das besiegelt seine Lebensweise. Was kann er machen, um sein Leben zu fristen? Er muß entweder mit Gewalt vorgehen, er muß rauben oder sich von Tier- und Pflanzenleichen nähren wie der Mensch, wenn er nicht das traurigste Dasein wählen will: an einem anderen Lebewesen zu schmarotzen.

Diese dreierlei Lebensweisen erschöpfen den Wirkungskreis der Pilze, und die Anpassungen, die sie nach sich ziehen, erklären uns ihre unpflanzenhafte und absonderliche Tracht. Sie erklären uns, warum man die Gewebe der Hutschwämme „Fleisch" nennt, warum das Fleisch der Pilze dem der Tiere in seinen chemischen Bestandteilen näher steht als den Pflanzen. Die Pilze

* Auf 100 ccm dest. Wasser 0,05 g saures phosphorsaures Kali, 0,03 g schwefelsaure Magnesia, 0,05 g phosphorsaures Ammon, 0,01 g Kochsalz.

** Daher bezeichnet man die Pilze auch als Hysterophyten.

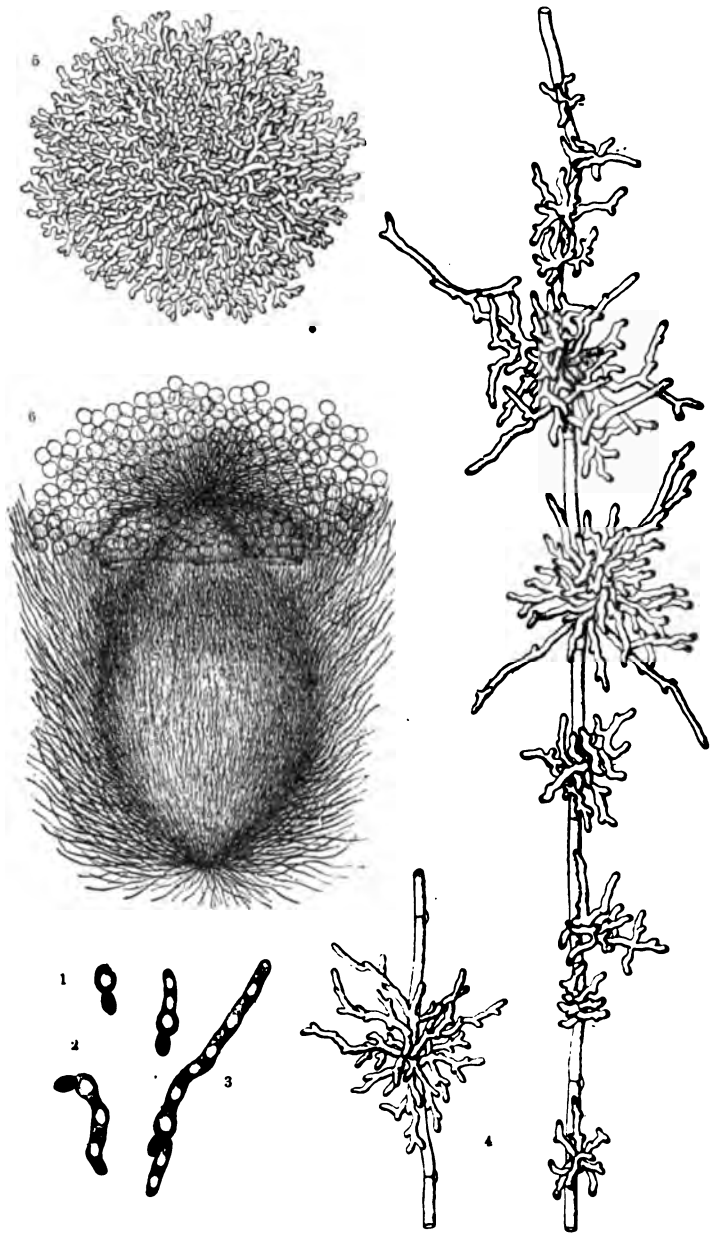
sind ein so absonderlicher Zweig am Stammbaum der Pflanzen, daß es Gelehrte gab (so z. B. Haeckel in seiner Schrift über das Protistenreich), die sie nicht als Pflanze anerkennen wollten, sondern mit Wurzelfüßlern und Infusorien vereinigten als Gruppe der Urwesen (Protisten). Man hat zwar sein Beispiel nicht befolgt, da sich doch zu gewissen Algen, zu Flagellaten und Spaltpflanzen Übergänge fanden, aber man hat es seitdem nur noch besser eingesehen, daß die Pilze ein entwicklungsloser Seitenzweig sind, der dem heiteren und ästhetischen Pflanzenleben ganz fremd gegenübersteht. Ich sehe daher keinen Grund, warum man es nicht wagen soll zu sagen: Pilze sind eine Art Zwischenwesen zwischen Pflanzen und niederen Tieren.

Myzelium (a) eines Köpfchenschimmels (Mucor) mit Sporangien (b), auf einem Objektträger in Nährlösung erzogen. (Original des Verfassers.)

Kehren wir nun zu unserem Schimmeltellerchen zurück und untersuchen wir den feineren Bau der zarten Pflanze mit dem Mikroskop, so bietet sich dem Auge ein Gewirr von Fäden, wie ich es in beistehender Zeichnung festgehalten habe. Eine solche Fadenflocke farbloser, mit Plasma erfüllter Schläuche nennt man ein Myzel (Mycelium), das sich aus einzelnen Hyphen (Pilzfäden) zusammensetzt. Hyphen aber sind der Inbegriff alles Pilzwesens. Über mannigfaltig verstrickte Hyphenfilze bringt es kein Pilz hinaus. Ob wir nun den zweiten der gemeinbekannten Pilze, den Rostpilz, untersuchen oder einen Waldschwamm (Bild auf S. 319), immer deckt Messer und Mikroskop nur Hyphen, gegliederte, blasse Fäden auf. Rostpilze (Puccinia) kann man zwar nicht so jederzeit erlangen wie den Mucorschimmel, doch gibt es leider kein Getreidefeld, an dessen Halmen man nicht vom Frühling bis zur Ernte die gelbroten oder schwarzen Schüsselchen der Roste finden könnte. Um lebende Hyphen zu sehen, muß man Wintersaaten entweder 1—1½ Monate nach der Saat oder in den letzten Tagen des März und im April aufsuchen. Ein Schnitt durch den saftiggrünen Halm oder ein Blatt, das vorläufig in nichts anderem den in ihm zehrenden Schmarotzer verrät als durch einige bleiche Flecken, macht bald damit vertraut, daß die blassen Fäden von Zelle zu Zelle dringen. Und entwickelt man Fleiß und Geschick, so kann man auch die Saugwarze, das Haustorium beobachten, das in die Zellen der

ausgesogenen Pflanze zuerst hineingreift und wie ein winziger Schröpfkopf an ihnen zehrt. Hyphen und Myzel sind auch das Wesen des eßbaren Pilzes. Was wir verzehren, das ist nur sein „Fruchtstand“ (wenn der Ausdruck erlaubt wäre bei Pflanzen ohne Geschlechtlichkeit), aber nicht sein Ernährungsorgan. Die eigentliche Pflanze eines Steinpilzes haust tief unter dem Boden. Die Wälder um unsere großen Städte, z. B. München, erzeugen deshalb von Jahr zu Jahr weniger „Schwammerln“, da die leidige Unvernunft der „Pilzfreunde“ sich nicht begnügt, einfach die „Früchte“ zu pflücken, sondern weil man auch die Myzelien aus dem Boden reißt. Diese ziehen sich wie weiße Zwirnfäden weit im Mulm hin, senken ihre Zweige in die Zellen vermodernder Blätter und nähren sich von den Verwesungsstoffen, an denen der Waldboden so reich ist.

Und wir mögen Pilze untersuchen soviel wir wollen, im ganzen weiten Rund ihres Verbreitungsgebietes, also in den Wäldern auf Rinden und toten Ästen, auf morschem Holz, auf Viehweiden oder in den Bergwerken Europas, das als der pilzreichste

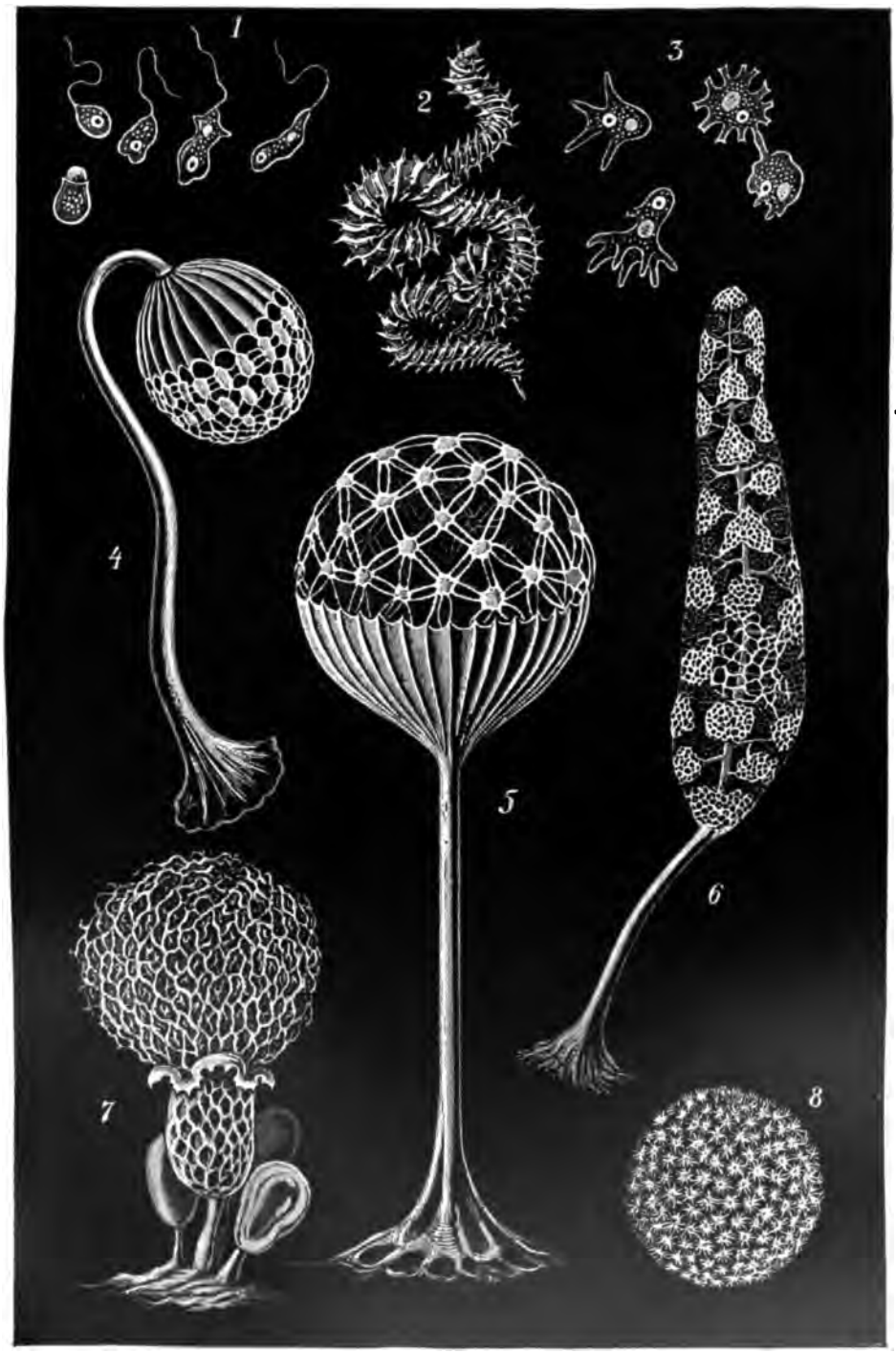


Die Entwicklung eines Hutpilzes (Coprinus stercorarius Fr.) von der Spore an. 1—3 = keimende Sporen in drei Stadien, 300fach vergrößert. 4 = Bildung der Pilzfrucht an einem Myzeliumfaden, 200fach vergrößert. 5 = Stück eines Myzeliumfadens mit jungen Fruchtanlagen, 200fach vergrößert. 6 = Eine Fruchtanlage weiterentwickelt. Die Anlage des Hutes und Stieles ist deutlich erkennbar, 50fach vergrößert (Faksimile aus O. Brefeld, Untersuchungen aus dem Gesamtgebiete der Mykologie. Schimmelpilze.)

aller Erdteile gilt (Deutschland allein hat etwa 7000 Pilzarten, während die Tropen allerdings noch zu wenig bekannt in dieser Hinsicht sind) — stets finden wir, daß ihre Erscheinung, ihre Tracht als physiologische Wirkung ihrer Lebensweise, nur Myzel, in letzter Hinsicht also eine Schimmelbildung ist. Das ist der Fluch einer unehrlichen Lebensweise, könnte ein Humorist sagen. Besäßen nicht ihre Fortpflanzungsorgane eine staunenswürdige Vielgestaltigkeit, dann wären die Pilze die langweiligsten aller Pflanzen.

Der Pilz des leuchtenden Holzes.
Leuchtende Reinkultur des Hallimasch mit drei Fruchtkörpern.
(Originalphotographie von Prof. Dr. H. Molisch-Prag.)

Da aber in der Natur alles in Zusammenhang ist, so zieht dieser durch die Ernährung bedingte Mangel besonderer Vegetationsanpassungen wieder allerlei Sondererscheinungen nach sich. Die Pilze assimilieren nicht die Kohlensäure, wohl aber leuchten sie als Zeichen, daß ihr Stoffwechsel trotzdem wohlentwickelt ist. Das Stümpfchen phosphoreszierenden alten Holzes, das eine so große Rolle im Leben eines Waldvolkes, wie es die Deutschen waren, spielt, daß unsere Märchen und Sagen sich seiner immer wieder liebevoll erinnern, verdankt seine Wundereigenschaft dem Stoffwechsel der in ihm wuchernden Myzelien von Hutpilzen. Im Tropenwalde sollen gewisse Schwämme geradezu in Wettbewerb treten mit den dort ohnedies so reichlichen Leuchtinsekten, und Reisende versichern, daß dieses magische Flimmern und Flirren zu den reizvollsten Genüssen einer Tropennacht zähle. Bei uns leuchtet nach den darauf gerichteten Untersuchungen von H. Molisch in den meisten Fällen der Hallimasch (Agaricus melleus Vahl), dessen Myzel in Holz und Rinde von Fichten, Eichen, Buchen und Föhren in Form dicker, brauner Stränge wuchert. Man nennt den Pilz in solcher Form Rhizomorpha. Molisch gibt eine einfache Methode an, wie man sich stets leuchtendes Holz verschaffen könne. Er sagt: Man achte bei einem Gange durch den Wald auf die im Boden steckenden Baumstümpfe, deren Rinde sich leicht vom Holze ablösen



Schleimpilze (Myxomyzeten).

1 = Arcyria punicea (Persoon), Schwärmsporen. 2 = Arcyria serpula (Massee), Capillitiumfaser. 3 = Trichia varia (Pers.), Plasmodium. 4 = Cribraria aurantiaca (Schrad.), Sporangium. 5 = Cribraria intricata (Schrad.), Sporangium. 6 = Stemonitis fusca (Roth.), Fasernetz des Capillitiums. 7 = Arcyria incarnata (Rost.), Sporangien, deren eines die Hülle gesprengt hat, worauf das Capillitium hervorgetreten ist. 8 = Didymium nigripes (Fries), Sporangium. Sämtliche Figuren vergrößert.
(Nach E. Haeckels Kunstformen der Natur [Leipzig, Bibl. Institut] gezeichnet von L. Kull.)

UNIV. OF MICH.

läßt. Wenn man solche Rinden und Stammstückchen gleich in feuchtes Moos packt, daß die Pilzfäden nicht absterben, und dann (oft erst 2—3 Tage danach) in völligem Dunkel durchmustert, wird man ganz bestimmt an einzelnen Teilen, wo eben Hallimaschrhizomorphen wuchern, das milde Leuchten der Pilze sehen.

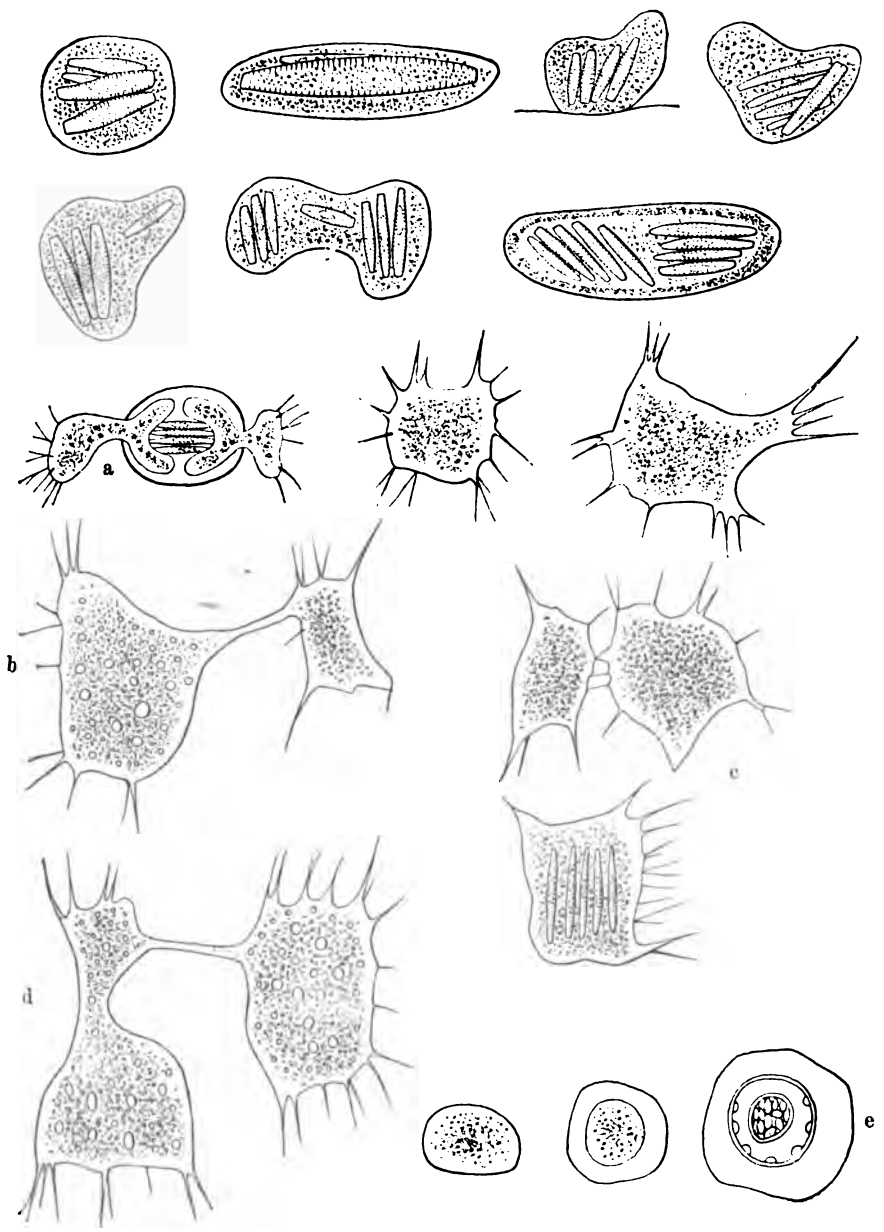
Worauf es beruht, wissen wir nicht. Vieles spricht dafür, daß es mit der Atmung zusammenhängt, doch leugnet dies der eben genannte Forscher.

Eine Pflanze, die nicht assimiliert, kann auch nicht Stärke erzeugen. Wie vollzieht sich also der Stoffwechsel der Pilze? Das ist eine schwierig zu beantwortende Frage. Am besten bekannt sind seine Äußerlichkeiten bei den Schleimpilzen (Myxomyzeten), denn da kann man es unmittelbar sehen, wie so ein amöbenartiges Pilzwesen allerlei organische Brocken, Stärkekörner, auch manche Algenzelle ergreift, in sich aufnimmt und sie dann, mehr oder minder zerlöst, wieder ausstößt. Wenn nun auch von mancher Seite behauptet wird, daß die eigentliche Ernährung dieser Wesen trotzdem durch Aufnahme flüssiger Nährlösungen stattfinde, so kann doch an ihrer tierischen Ernährung kein Zweifel sein. Besonders lehrreich sind in dieser Hinsicht auch Beobachtungen an Vampyrella und Chytridium, die jeder Naturfreund leicht selbst anstellen kann. Das erstere Wesen (s. Abb. auf S. 322 u. 323) ist mikroskopisch klein und lebt überall dort, wo sich Algen finden. Manche Arten (so V. vorax oder variabilis Kl.) ernähren sich von Kieselalgen (Bild), andere von Schrauben- und Fadenalgen (z. B. V. spirogyrae Cienk.). Sie sind leicht zu erkennen, denn sie sehen wie eine Amöbe oder ein Sonnentierchen aus, sind aber von zahlreichen Öltröpfchen ziegelrot gefärbt. Sie umfließen ihre Beute oder bohren sie (wohl durch ein zellhautlösendes Enzym) an und lassen das Chlorophyllband und Plasma ihres Opfers in ihr Inneres strömen. Dann pflegen sie der Ruhe wie eine verdauende Schlange. Binnen wenigen Stunden schrumpft der Nahrungsbissen in ihnen und wird braun; zugleich vermehrt sich das rote Öl, und als Zeichen einer genügenden Ernährung pflanzen sie sich fort, nachdem sie das „Unverdauliche" ausgestoßen, auch häufig eine Ruhepause durchgemacht haben.

Nicht anders leben die Chytridinen, von denen etwa drei Dutzend einzellige Gattungen das Leben der Süßwasseralgen beunruhigen. Einige der häufigsten Formen sind Polyphagus Euglenae (Bail) Now. (Bild auf S. 29 und S. 323), Chytridium auf verschiedenen Kieselalgen und Jochfäden (s. das Bild), Olpidium auf Zieralgen, Lagenidium in allerlei Jochalgen (Bild). Stets handelt es sich dabei um ein sehr einfaches, manchmal nur mit einem einzigen Fortsatz räuberndes Myzel, das mit seinen Fäden das Chlorophyll und Plasma der wehrlosen Opfer ausschlürft, um nach gelungenem Raubmord freilich brotlos zu werden. Deshalb werden denn auch rasch kugelige oder flaschenförmige Fruchtkörper gebildet, die eingeißelige Schwärmsporen entlassen (manchmal auch geschlechtlich Sporen bilden), so daß es nie an Störenfrieden fehlt, die dafür sorgen, daß auch das Idyll des Tümpels keine Freistatt der Sorgenlosigkeit sei.

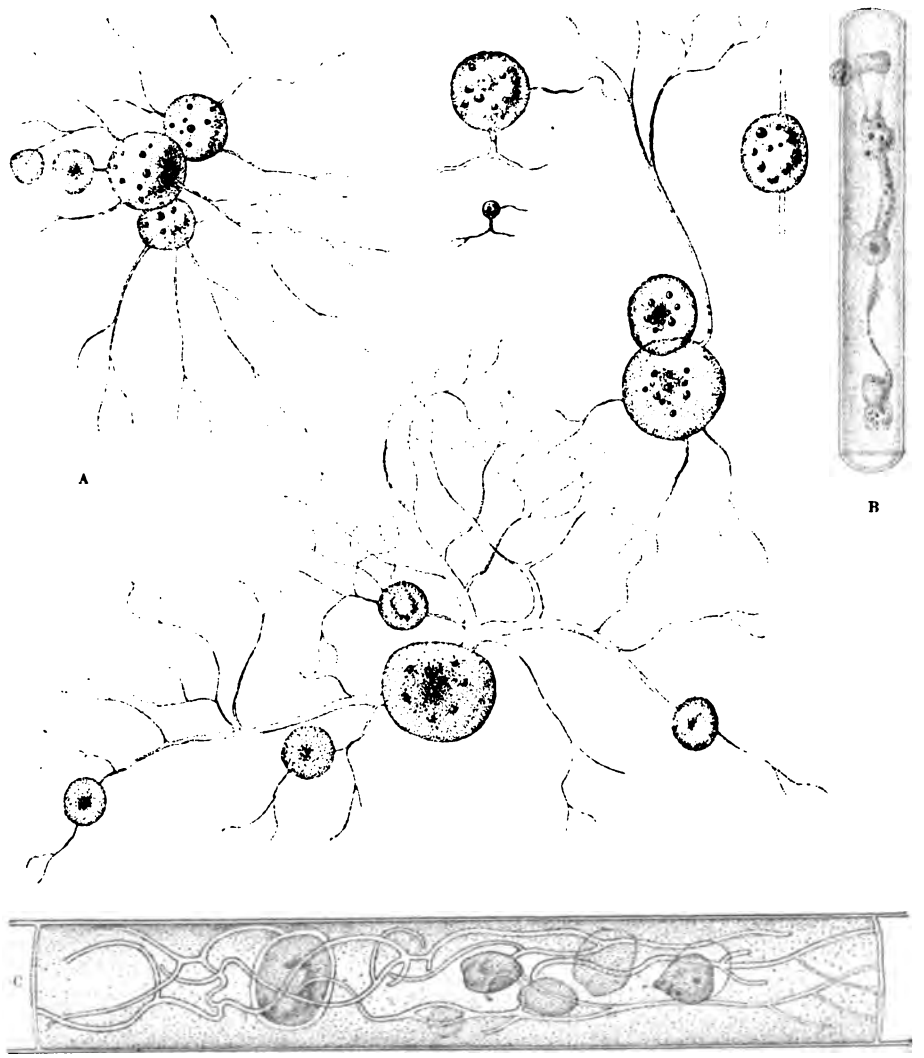
Die Tierkundigen sind schon längst darüber im klaren, daß die Entwicklung der geistigen Fähigkeiten gewissermaßen durch die Lebensweise der Tiere bestimmt wird. Unbewegliche Tiere, wie Schwämme, Korallen oder parasitische Krebse, oder träge Wesen wie das Faultier sind immer unintelligenter als Genossen auf gleicher Lebensstufe, die sich bewegen, besonders wenn sie von weiten Lebensgebieten Erfahrungen sammeln. Diese Regel kann man auch auf die Pflanzen, in unserem Fall auf die Pilze

anwenden. Gerade die Raubzellen unter ihnen und von diesen (wenn man den Parasitismus, gemäß der von mir in Bd. I dieses Werkes vertretenen Auffassung, als Raub betrachtet) wieder die freibeweglichen, also die Schleimpilze, die Schwärmsporen der im Wasser lebenden Algenpilze, sowie der Wasserpilze (Saprolegniaceen) und schließlich die Vampyrellen reagieren auf Reize viel auffälliger und rascher als die anderen Pilze.



Vampyrella, ein Pilztier, a mit austretenden, b, c und d mit kopulierenden Schwärmern und e mit Dauerzellen. Stark vergrößert. (Nach J. Klein.)

Man kann im höchsten Grade spannende Versuche anstellen, um die Reizverwertungen von Schleimpilzen kennen zu lernen. Zu diesem Zweck eignen sich am besten ihre als Plasmodium bezeichneten freibeweglichen Lebensformen, die wie eine Amöbe geformt sind und immerhin so schnell kriechen, daß sie in einer Stunde etwa 2 mm



Chytridiaceen.
A = Polyphagus Euglenae Now., das Änderlinge aussaugt. B = Chytridium Mesocarpi Fisch., eine Mougeotia-Zelle aussaugend. C = Lagenidium Rabenhorstii Zopf, das Innere einer Schraubenalgenzelle verzehrend. Stark vergr. (Originale des Verfassers.)

zurücklegen, was freilich noch weit hinter der Schneckenpost zurückbleibt, aber für ein mikroskopisches Wesen doch eine ganz artige Leistung ist. Bilder solcher Plasmodien findet man auf der Tafel der Schleimpilze. Zwei der häufigsten Formen kann man sich mit Leichtigkeit beschaffen. Prof. Stahl, der ein sehr fesselndes Werk über die Lebenserscheinungen der Myxomyzeten schrieb, gibt darin eine Methode an, wie man sich einen

der gemeinsten, im Wald und auf Feldern überall verbreiteten Schleimpilze (Chondrioderma difforme Rfski) „so gut wie sicher" verschaffen kann. Er rät, von der gewöhnlichen Puffbohne (Vicia Faba), die vertrocknet im Herbst gewöhnlich lange auf den Feldern steht, ein Bündel trockener Stengel in Brunnenwasser einzuweichen und auf eine mehrfache Lage feuchten Löschpapieres in ein flaches Gefäß zu legen, das man dann mit einer Glasscheibe zudeckt. Schon nach wenigen Tagen findet man die dunkelbraunen Fruchtkörper, die eigentlich Sporangien voll kugeliger Sporen sind. Die Sporen kann man aussäen, indem man aus den Puffbohnenstengeln eine Abkochung, ein Dekokt herstellt, das lange kochen muß, um die fremden Keime darin abzutöten. In einen Tropfen dieser Nährlösung, die auch zerkochte Fasern der Pflanze enthalten soll, bringt man mit einer Nadel einige Sporen des Schleimpilzes und beobachtet diese auf dem Objektträger in „feuchter Kammer". Schon nach einem Tage sieht man dann die kleinen Myxamöben auskriechen, die eine Geißel ausstrecken, sich wie Flagellaten tummeln, Bakterien und Pflanzenteilchen verzehren, kurz, sich wie Tiere benehmen. Haben sie die vorhandenen Nahrungsstoffe verzehrt, so kapseln sie sich ein. Hat man ihnen besonders gute Lebensbedingungen geschaffen, dann kann man beobachten, wie sie miteinander verschmelzen, so daß sie zu bis millimetergroßen, weißen Plasmodien heranwachsen, wie solche sich im Walde finden.

Wer das alles gesehen hat, der hat die große Bedeutung des sog. Kontinuitätsargumentes vollkommen erfaßt. Diese wichtige Säule der modernen Auffassung vom Leben der Pflanze besagt, daß die Pflanze dem Tiere wesensgleich sei. Man versuche nun, eine Grenze zwischen Amöben und Schleimpilzen, zwischen diesen und den Algenpilzen (namentlich den Chytridinen) zu ziehen — wenn man dieses hoffnungslose Beginnen aufgegeben hat, wird man auch den Mut finden zu den Konsequenzen, die der Denkende aus dem Kontinuitätsargument ziehen kann und muß.

Vom Chondrioderma-Pilz kann man also viel lernen. Das andere Pilztier, dessen Studium ich wärmstens empfehle, ist der Lohpilz (Fuligo septica), dessen Lebenserscheinungen wir zum Ausgangspunkt unserer Darstellung vom Leben der Zelle wählten. In Bd. II, S. 22—27 findet man seine Naturgeschichte mit prächtigen Reizverwertungen der Licht-, Wärme- und Nahrungsreize. Dort, auf S. 27—29, ist auch der wunderbare Amöbenpilz (Polysphondylium violaceum Potts.) dargestellt und die Chondromyces-Spaltpilze (Bd. II, S. 55), deren Gesellschaftsinstinkt sie triebartig anspornt, sich zu versammeln und zu „freien Genossenschaften" zusammenzutreten. Dieser Trieb liegt übrigens auch schon der Plasmodienbildung der Schleimpilze zugrunde.

Die Äußerungen dieser Eigenschaften lassen sich direkt beobachten; wer also den logisch unanfechtbaren Schluß zieht, daß Reizverwertungen, die der einzelnen Pflanzenzelle zukommen, auch den Zellen der vielzelligen Pflanzen nicht von vornherein abgesprochen werden können, der stützt sich auf Tatsachen und kann von Gegnern höchstens totgeschwiegen oder geschmäht, aber nicht widerlegt werden.

Wunderbare Eigenschaften der Pflanze erschließen auch die Schwärmsporen der Saprolegnien und das Vampyrella-Pilzchen. Pfeffer und nach ihm der Deutsch-Russe W. Rothert haben darauf aufmerksam gemacht, daß die Schwärmzellen, die

dieser gemeine Fliegenpilz aussendet, der sich von im Wasser faulenden Insekten nährt und sie als weißer Schimmel überzieht*, erstaunlich geringe Mengen ihres Nahrungsstoffes „wittern". Ein frisch ausgerissenes Fliegenbein in eine Schüssel geworfen, in der Saprolegnia schwärmt, versammelt alsbald die ganze Schar der Zellen um sich. Dort keimen sie. In eine Kapillarröhre, die etwa 10%ige Fleischsaftlösung enthält, kann man alle hineinlocken. Doch komme niemand mit dem Gegeneinwand, daß diese Zellen eben nur so „chemisch empfindlich" seien, wie eine photographische Platte, ohne daß dabei „Bewegungswahl" und Wollen im Spiele sei, denn Rothert hat gezeigt, daß Saprolegnia zwei Schwärmergenerationen hat, von denen nur jene die chemischen Reize verwertet, die keimt und also Nutzen davon hat, sich dem nährenden Stoff zu nähern!

Ein besonders staunenswerter Instinkt treibt übrigens die Schwärmsporen des Polyphagus Euglenae und des Chytridium vorax, von denen der erstere Pilz Änderlinge, der letztere aber die Blutalge (Haematococcus lacustris) aussaugt, den Lichtreizbewegungen ihrer Opfer zu folgen und phototaktisch zu reagieren**. Der Mörder sucht also von vornherein jene Stellen auf, wo er seine Opfer finden kann!

Die Wahlfähigkeit der Pilze läßt sich besonders gut studieren an der Vampyrella Spirogyrae Cienk., die zwischen Fadenalgen lebt, aber alle verschmäht mit Ausnahme der Schraubenalge! Dieser Pilz muß also unterscheiden können. Dieselbe chemische Reizverwertung kann man auch an den Myzelien vieler Pilze beobachten. Fulton berichtet im Jahre 1906, daß, wenn man auf mit Nährlösungen getränkten Gelatineplatten Myzelien einander entgegenwachsen läßt, die Spitzen der Fäden ihr Wachstum bei einer bestimmten Annäherung rapid verlangsamen, ja einen Streifen zwischen sich überhaupt unausgenützt lassen, als Zeichen, daß sie ihre Ausscheidungen wohl empfinden.

Gerade bei Pilzen (bei Phycomyces) hat man sich auch von der Gültigkeit eines sonst in der Psychologie herrschenden Gesetzes, des sogen. Fechner-Weberschen Gesetzes überzeugt, nach dem die Reizgröße logarithmisch ansteigen muß, um eine Verdoppelung der Reaktionsgröße zu bewirken.

Im großen ganzen verrät jedoch das Innenleben der festgewachsenen Pilze nicht so viel des Wunderbaren, wie das der beweglichen „Pilztiere" und auch nicht so viel an Anpassungen, wie sie gerade das Leben der grünen Pflanzen so anziehend gestalten, daß es den Kenner nicht weniger fesselt als das Tierleben. Das hat wohl sicher seine verschiedenen (stammesgeschichtliche und andere) Ursachen. Eine davon mag wohl sein, daß für Pilze infolge ihrer Ernährungsweise das Licht von geringer Wichtigkeit ist, weshalb unzählige Sonderanpassungen daran wegfallen. Pilze sind die einzigen Pflanzen, die im Dunklen trefflich gedeihen. Bergwerke, Höhlen, das Innere des Waldbodens beweisen dies mit ihrer reichen Pilzflora; ja, wer Spekulationen liebt, mag sich sagen, daß die Pilze vielleicht gerade deshalb auf das Blattgrün verzichteten und ihre eigene Ernährung wählten, um jenen Teil der für Pflanzen besiedelungsfähigen Erde auszunützen, an dem ihnen des mangelnden Lichtes halber sonst keine Konkurrenz das Leben strittig machte. Trotzdem geht ihnen Lichtempfindlichkeit durchaus nicht völlig ab.

* Wenn man Sumpfwasser in einem Gefäß hält und ein paar tote Fliegen hineinwirft, kann man ihn im Sommer überall erhalten.

** Ebenso die Geißelzelle Bodo, die Panzermonaden tötet.

Die Schleimpilze beweisen es, denn sie scheuen starkes Licht. Das prächtige Pilzchen Pilobolus crystallinus dagegen, dessen Bild und Züchtungsmethode sich in Bd. II, S. 559—60 mitgeteilt findet, schießt seine Sporen genau auf ein Fensterchen ab, wenn man es mit einem dunklen Sturz überdeckt, in dem eine Lichtöffnung freibleibt. Man kann sich damit höchlich ergötzen und spielend es sich tief einprägen, daß die Pilze Hell und Dunkel und die Richtung des Lichtes unterscheiden.

Aber nicht darin leisten sie ihr Höchstes, sondern mit ihrem chemischen Sinn, was wieder mit der Lebensweise zusammenhängt, wie ein wenig Nachdenken wohl jedem selber sagt. Licht und Wärme berühren ihre Lebensinteressen nur in geringem Maße. Pilze sprießen, wie gemeinbekannt, besonders nach einem warmen Regen, doch noch viel mehr stellen sich im Herbst und Winter im Walde ein, und man hat eine ansehnliche Zahl auch in den polaren Gegenden gefunden. Wichtiger als die Wärme ist ihnen also die Feuchtigkeit, ohne die sie allerdings nicht bestehen können, wie uns wiederum eine alltägliche Erfahrung besagt, da sich Schimmel und Hausschwamm nur an feuchten Orten einstellen und durch nichts so sicher vertrieben werden können als durch Trockenlegung. Wasser aber ist nur die Grundbedingung ihres Lebens — nicht ihre Nahrung. Diese müssen sie sich selbst suchen, und, um sie zu finden, mußte sich ihr chemischer Sinn in seltener Vollkommenheit ausbilden.

Die Pilze unterscheiden auf uns noch völlig unverständliche Weise die chemischen Eigenschaften der Pflanzen und Tiere, auf denen sie leben, sonst könnten sie sich nicht als Parasiten dermaßen auf gewisse Wirtspflanzen spezialisieren, wie man das als Pilzforscher täglich vor Augen hat. Der Parasitismus ist besonders im Kreise der Rostpilz-Familie (Uredinales) spezialisiert. Gewisse Puccinia-Arten bilden geradezu biologische Arten, deren Sporen nur dann keimen, wenn sie auf eine ganz bestimmte Nährpflanze gelangen. Wenn es nicht so wäre, kämen die Becherfrüchte des Getreiderostes (P. graminis Pers.) nicht ausschließlich auf Sauerdorn- (Berberis) und Mahonia-Büschen vor, oder die des Kronenrostes (P. coronifera Kleb.) nur auf dem Faulbaum (Frangula alnus); sonst könnte nicht zu vielen Pilzen, die Pflanzenkrankheiten verursachen, stets nur eine ganz bestimmte Wirtspflanze gehören.

Dieser feinen chemischen Empfindlichkeit entspricht auch die Vollkommenheit der chemischen Mittel, welche die Pilze selbsttätig hervorzubringen wissen, um ihre Bedürfnisse zu befriedigen. Ein Haustorium oder eine auf ein Pflanzenblatt gefallene Spore, die das Vorhandensein jener chemischen Stoffe empfunden haben, deren sie zu ihrer Erhaltung bedürfen, wachsen mit großer Energie auf diese Stoffe zu. Doch das lebende Wesen, auf dessen Kosten sich der Pilz nähren will, hat zu seinem Schutz verkorkte, verholzte oder chitinisierte Häute um sein Plasma abgeschieden. Wie durchbricht sie der Pilz? Er besitzt zu wenig mechanische Kraft, um sie einfach zu durchstoßen. Er hat aber die Fähigkeit entwickelt, dann, wenn er es braucht, ein Ferment aus seinem Plasma abzuscheiden — eine jener rätselhaften Substanzen, welche die Membran der Wirtspflanze an einer kleinen Stelle auflöst, so daß durch die Lücke der Räuber eindringen kann. So stellte De Bary den Vorgang der Erkrankung durch Schmarotzerpilze dar, und da er recht behalten hat, können wir an dem hochentwickelten Innenleben der Pilze nicht mehr zweifeln. Wissenschaftliche Fragekunst, die an diesen Punkt anknüpft, wird zweifelsohne noch zu den merkwürdigsten Entdeckungen führen.

Dies alles zusammenfassend, sieht man also, daß der Stoffwechsel der Pilze ein ganz eigenartiger sein muß. Sie ernähren sich mehr nach Art der Tiere als der Pflanzen, und so, wie jene Fett als Reservesubstanz aufspeichern, legen sich die Pilze Öl, Glykogen, auch Fett zurück. Seit Pasteur, der sich namentlich um die Kenntnis von der Ernährung der Hefe große Verdienste erworben hat, wissen wir, daß z. B. die Hefepilze ihren Kohlenstoffbedarf aus dem Zucker, ihr Stickstoffbedürfnis aus Ammoniaksalzen bezw. aus Asparagin befriedigen. Da sie sich in Flüssigkeiten, die beides enthalten, rasch vermehren, ist damit erwiesen, daß ein Pilz sein Eiweiß auf andere Weise aufbaut als die grüne Pflanze, die den Zucker in ihren Blättern aus dem Kohlenstoff der Luft herstellt, ihr Stickstoffbedürfnis aber durch die wählende Tätigkeit ihrer Wurzeln befriedigt.

Mit diesen grundlegenden Kenntnissen vom Innenleben der Pilze ausgerüstet, steht man ihrer überwältigenden Heeresschar nicht mehr so ganz ratlos gegenüber. Man kann z. B. schon zu erklären versuchen, warum die einzelnen Formen so und nicht anders organisiert sind.

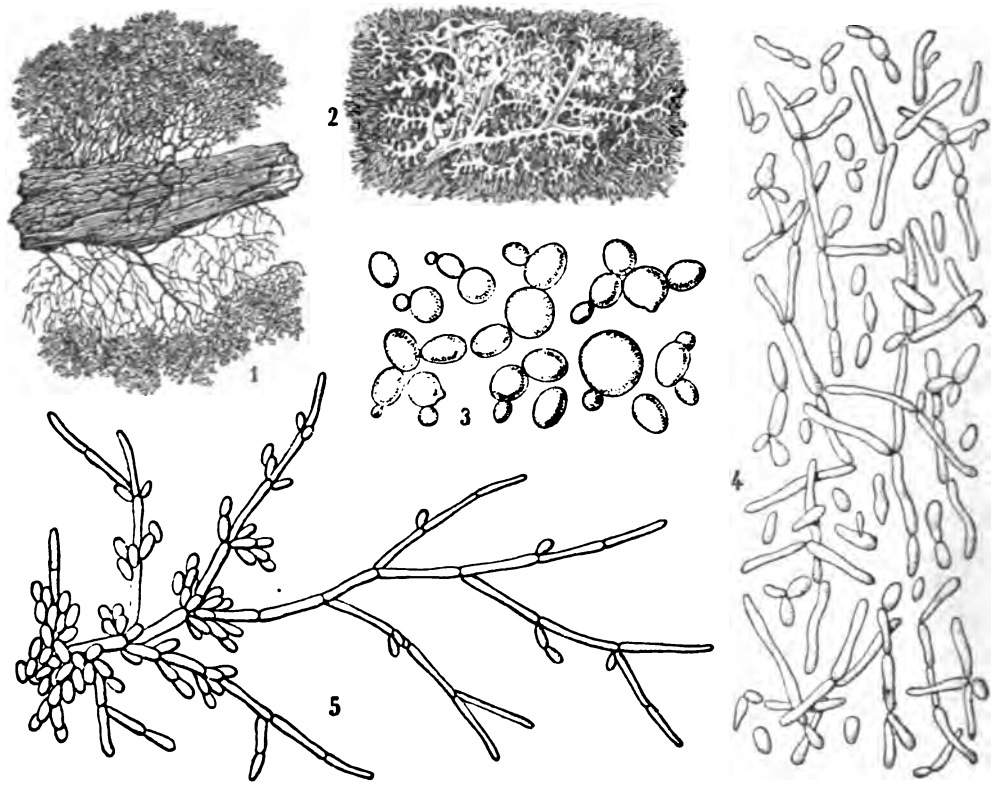
Ein Pilztier, das als Nebenbeschäftigung seiner saprophytischen Lebensweise Bakterien und organische Abfälle frißt, muß tierisch bleiben. Es muß beweglich sein, es ist auf gelegentliche Funde angewiesen, es muß seiner Nahrung gewissermaßen nachlaufen. Vampyrella oder die mit Geißeln versehenen (Myxomonaden) und kriechenden (Myxamöben) Formen der eigentlichen Schleimpilze sind Belege hierfür (vgl. die Tafel der Schleimpilze). Die bekannten großen Arten, wie Arcyria punicea Pers., die purpurrote Ballen auf modernden Holze bildet, oder das herdenweise auf altem Laub und Moos lebende schmutziggraue Didymium squamulosum (Alb.), das zitronengelbe Physarum virescens Ditm. an ähnlichen Fundorten, das helle, fleischrote Lycogala epidendrum Buxb., ebenso gemein auf modernden Baumstümpfen wie die ockerfarbige Trichia varia Pers. und die dunkelbraune Stemonitis fusca Roth, Arten, die mit Fuligo und Chondrioderma etwa die häufigsten, dem Naturfreunde begegnenden Schleimpilze sind — sie bilden oft weit auseinander kriechende Plasmanetze, womit ihnen natürlich gestattet ist, ihre Unterlage möglichst gut auszunützen. Aber ebenso natürlich wird auch jede höhere Gliederung durch solche Lebensweise unmöglich gemacht.

Die zweite typische Lebensform, die ein Pilz außer dem Plasmodium annehmen kann, ist die der Hefepilze. Man könnte sie als die Myzelform bezeichnen. Ein Präparat, angefertigt aus einem Tropfen Neigebier oder von ein wenig gärender Maische aus einer Brauerei, macht alsbald mit einem ihrer einfachsten Vertreter, dem Bierhefepilz (Saccharomyces cerevisiae) bekannt. Es ist ein Einzeller, doch nicht mehr amöboid, sondern in eine zarte Haut gesperrt, daher schon von bestimmter Körpergestalt, kugelig oder elliptisch. Etwa die Urkugel, ins Pilzhafte übersetzt. Die Ernährung hat auf alle Anklänge an das Tierische verzichtet; es werden nur noch auf rein chemischem Wege organische Substanzen zersetzt, wodurch in zuckerhaltigen Flüssigkeiten die bekannte Gärung bewirkt wird.

Mustert man nun verschiedene Hefepilzarten, so befreundet man sich bald damit, daß ihre kugelige Urgestalt Neigung zeigt, zu Fäden auszuwachsen. An S. Pastorianus oder ellipsoideus und cerevisiae, den drei wichtigsten Hefepilzen, zeigte der

Altmeister der Gärungswissenschaft, Hansen, schon im Jahre 1886, daß sie, an der Oberfläche gärender Flüssigkeiten wachsend, sich der Länge nach strecken, sich verzweigen* und Übergänge zu wahrer Myzelbildung aufweisen, die denn auch bei Saccharomyces Marxianus Hans. (siehe das Bild) und Saccharomycopsis capsularis Schiönn. zur vollkommenen Schimmelbildung emporsteigt.

In einem solchen gegliederten und verzweigten Zellfaden, in einer Pilzmutter (Myzel) erreicht der Pilz jene Lebensform, die am meisten



Vegetationskörper der Schleimpilze und Hefepilze.
1 = Ausgebildetes Plasmodium von Didymium Serpula in natürl. Größe. 2 = Plasmodium von Stemonitis ferruginea auf Waldmoos. 3 = Vegetationsform des Bierhefepilzes (Saccharomyces cerevisiae) aus einer Bodensatzhefe. 4 = Auswachsen von S. Pastorianus bei der Hautbildung auf Bierwürze. 5 = Myzelbildung eines Hefepilzes (S. Marxianus Hans). (Fig. 1 = nach De Bary, die übrigen nach Hansen, bei 1000f. Vergr.)

seinen Lebensbedingungen entspricht. Sonst würde er sie nicht, trotz vielhundertfacher Abänderung doch niemals verlassen. Die Myzellebensform, mit der wir uns bekanntmachten, als wir durch den Köpfchenschimmel (Mucor) mit dem Wesen des Pilzbegriffes vertraut zu werden suchten, gewährt der Pilzpflanze folgende Vorzüge: Der saprophytische oder parasitische Pilz ist nicht weniger als eine Vampyrella oder ein Pilztier, darauf angewiesen, ein sehr großes Gebiet abzusuchen, organische Körper zu durchdringen, sich in schmale Ritzen einzudrängen, kurz, raschwüchsig und dadurch leicht

* Um sich mit dem Typus einer solchen Kahmhaut bekannt zu machen, genügt es, Bier oder Wein in Wärme längere Zeit offen stehen zu lassen.

beweglich zu sein. Man könnte diese Bedürfnisse nicht vollkommener befriedigen, als durch Zerspaltung des Körpers in dünnste Fäden. Nur solche können ihre gesamte Wachstumsenergie auf Streckung also Verlängerung konzentrieren, nur sie können überall eindringen. Der Pilz wäre nur behindert, wenn er für seine Vegetationsorgane andere, vielleicht ähnliche Formen annehmen würde wie die Algen. So wie deren Gestaltung ausreichend aus den Bedürfnissen der Assimilation erklärt werden kann, so ist die der Pilze als Anpassung an die unselbständige Lebensweise hinlänglich klar.

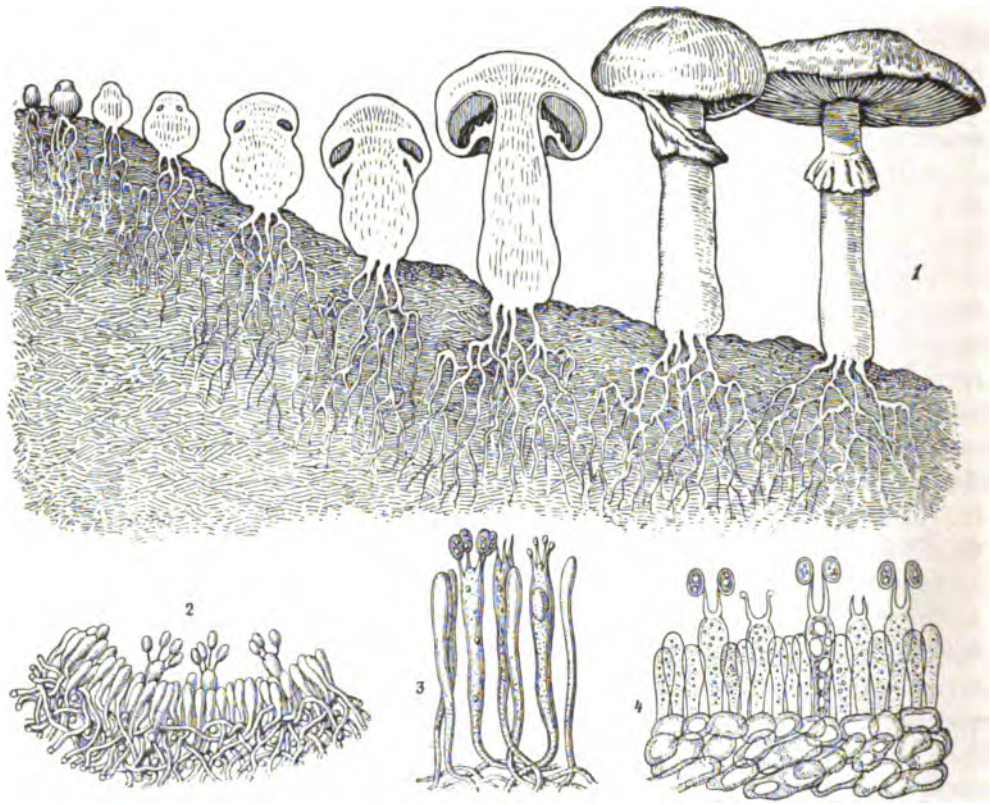
Keine Pflanze — man kann es sogar ruhig verallgemeinern und sagen: kein Lebewesen tut mehr als es muß. Ist es nicht ersichtlich, wozu irgendein Pilz andere Vegetationsorgane bilden sollte als saugende Fäden, so ist es auch verständlich, warum die Pilze nie zu höheren Lebensformen aufgestiegen sind, noch es jemals tun werden. Es gibt relativ riesige Gestalten unter ihnen; der Bovist (Globaria Bovista [Linné] Quél) treibt kugelige Fruchtkörper hervor, die einen halben Meter im Durchmesser halten, und die Myzelien unserer Hutpilze ziehen sich viele Meter weit im Waldboden hin. Aber so, wie es heute ist, war es immer. Zum Teil sind sogar gleiche Arten und Gattungen von Hutpilzen, also die höchsten Pilzformen (so Daedaleïtes aus dem Tertiär, Archagaricon aus der englischen Steinkohle, Hypochnites aus dem Bernstein) schon aus den ältesten Zeiten der Erdgeschichte bekannt. Man darf also sagen, es sei jeder Pilz, ob heute lebend oder fossil, nur aus Myzelfäden erbaut und nie darüber hinausgekommen, womit die obige Behauptung wohl erwiesen ist.

Damit man aber nicht bloß auf allgemeine Aufstellungen angewiesen sei, soll die Wuchsform einiger Hauptlebensformen niederer und höherer Pilze noch des Näheren zergliedert werden.

Der Rostpilz (Puccinia) des Getreides teilt seinen schon vorhin beschriebenen feineren Bau mit allen parasitischen Pilzen, soweit diese sogen. Schlauchpilze (Ascomyceten), Urschwämme (Protobasidiomyceten) oder sogen. unvollkommen bekannte Pilze (Begriffe, deren Bedeutung gleich erläutert werden soll) sind. Um an Beschreibungen dieser unansehnlichen Dinge zu sparen, sei hier auf die Farbentafel der Monilia-Krankheit der Obstbäume im II. Bd., sowie auf die Tafel des Phomapilzes der Zuckerrübe hingewiesen. Als Faden durchkriecht der Pilz die Zellen seines Wirtes, streckt höchstens etwas keulig angeschwollene Saughyphen oder Haustorien voraus oder paßt sich dem Leben seiner Wirtspflanze so an, daß er zeitweilig völlig mit deren Plasma verschmilzt, wie z. B. der rätselhafte Brandpilz, den Vogel und Nestler in der Frucht des Taumellolches (Lolium) entdeckten und der dort in gewissen Zellen unter der Samenschale in Form eines Myzels lebt, das aber nach der Keimung der Frucht verschwindet. Ein anderes Beispiel hiefür ist, nach den sich auf immer mehr Beweise stützenden Untersuchungen von Eriksson, auch der Rostpilz, der in der heranwachsenden Getreidepflanze in plasmatischer Symbiose, als sogen. Mykoplasma vegetiert und erst von einem bestimmten Augenblick an seinem Myzel Sondergestalt verleiht, worüber in Bd. I, S. 317 mehr zu lesen ist. Ähnliches will man auch von den Algenpilzen Cladochytrium und Dendrophagus gesehen haben.

Erst als Hutschwamm gestaltet sich das Bild des Vegetationskörper etwas derber, wenn auch nicht wesenverschieden. Die Myzelfäden treten zu bestimmten festen Strängen

(Rhizomorphen) zusammen. Das ist das ganze. Wenn der Laie glaubt, in dem gemeinbekannten Pilzhut die erste Stufe zum Aufstieg auf höhere Lebensform zu finden, täuscht er sich gewaltig; der Pilzhut ist kein Vegetationskörper, sondern ein Fortpflanzungsorgan. Das führt zum zweiten und viel fesselnderen Teil unserer Aufgabe, die Erscheinung der Pilze aus ihrem Leben abzuleiten, indem wir nun untersuchen wollen, welchen Einfluß der Vermehrungstrieb auf die Gestaltung der Pilze nimmt.



Die Fortpflanzung der Hutpilze.
1 = Die Entwicklung des Sporenständers eines Champignons (teilweise im Längsschnitt und etwas schematisch gehalten). 2 = Stück der Fruchtschicht (Hymenium) eines Röhrenpilzes (Fomes annosus Fr.) mit abgeschnürten Sporen. 3 = Stück des Hymeniums vom Hausschwamm (Merulius lacrymans). 4 = Stück des Hymeniums vom Champignon (Psalliota campestris). 2—4 = stark vergrößert. (Nach Sachs, Hennigs und Hartig.)

Wenn man als erstes hierbei an die Hutpilze denkt, unterschreibt man getrost die Behauptung, daß die Erscheinung der Pilze in erster Hinsicht von ihrer Fortpflanzung bedingt wird. Eigentlich macht nur die Mannigfaltigkeit der Fortpflanzungseinrichtungen die Pilze interessant!

Es gibt im ganzen Pflanzenreich nur noch ein Gegenstück zu dem wahrhaften Mißverhältnis, in dem bei den Ständerpilzen der vegetative und der reproduktive Teil der Pflanze zueinander stehen, nämlich die fabelhaften Balanophoreen, von denen Bilder und Beschreibungen im zweiten Bande zu finden sind. Da nun auch sie Säfte von anderen Pflanzen saugen, wodurch ihr Vegetationsorgan zu myzelartigen Strängen verkümmert, nicht unähnlich der schmarotzenden Kleeseide, die gleicher Entartung an-

heimgefallen ist, so hat man kein Bedenken getragen, diese Gewächse als rückentwickelte höhere Pflanzen zu betrachten, deren wahrer Rang in der Stammesgeschichte erst durch den ansehnlichen Bau ihrer Blüten verraten wird. Sind doch bekanntlich, wie auch von uns schon mehrfach erwähnt, die Reproduktionsorgane bei Tier und Pflanze durchaus nicht so anpassungsfähig, wie die der Ernährung.

Der merkwürdige Aufwand, den die Pilze ihrer Vermehrung zuliebe entfalten, könnte nun auf den Gedanken führen, daß auch sie durch ihre Lebensweise zurückgeworfene höhere Lebewesen seien. Untersucht man sie aber mit dieser Vermutung im Hintergrunde, so entdeckt man doch alsbald, daß trotz der großen Aufmachung nicht einmal die Hutpilze über die einfachste Art von Vermehrung, nämlich ungeschlechtliche Abschnürung einzelner Zellen, hinausgekommen sind.

Ich bitte zu diesem Zweck das vorstehende lehrreiche Bildchen zu betrachten, dessen Serie man sich in einer Champignonzucht jederzeit zusammenstellen kann. Es stellt die Entwicklung der Sporenfrucht eines Champignons dar. Das unterirdische Myzel treibt ein kleines weißes Knöllchen, das sich allmählich in einen Stiel und einen Hut gliedert. Auf einer früheren Zeichnung (S. 319) wurden schon die Untersuchungen Brefelds verwertet und gezeigt, daß eine solche Frucht aus Myzelverästelungen in wunderbarster Zielstrebigkeit herauswächst. So wie die Blütepflanze unvergleichlich viel Mühe und Intelligenz aufwendet, um ihre Blüte möglichst zu sichern und ihrem Endzwecke tauglich zu machen, so verrät auch der Champignon allerlei neue Fähigkeiten im Dienste seiner Arterhaltung. Er bekundet Triebe, die man ihm nach der einfachen Beschaffenheit seiner Ernährungsorgane nicht zugemutet hätte. Er gelangt sogar zu einer Art innerer Gliederung und zur Ausbildung verschiedener Gewebe.

Nicht nur, daß die Hyphen, die z. B. den Hutstiel zusammensetzen, durch Tüpfel in Verbindung stehen, sondern sie sind auch so angeordnet, wie es die Gesetze der Zugfestigkeit erfordern. Der Stiel ist röhrig, d. h. er verbindet mit geringstem Materialverbrauch die größte Tragkraft; manchmal sondert sich sogar schon in den Myzelsträngen gemäß den Anforderungen der Zugfestigkeit ein derberes Mark. Auch die Anfänge eines Leitungssystems stellen sich ein. Die Reizker- (Lactarius-) schwämme z. B. tragen ihren lateinischen Namen der Milchröhren halber, die ihren Fruchtkörper durchziehen. Das sind freilich nur dicke Hyphen, deren Querwände sich auflösen, aber physiologisch entsprechen sie vollkommen dem Zweck, plastische Nahrungsstoffe zu leiten.

Die jedem Pilzkenner geläufigen Sklerotien (so nennt man alle Gebilde, in denen Reservestoffe zurückgelegt werden und deren bekanntestes das giftige Hörnchen des Mutterkornpilzes ist) stellen einen weiteren Typus von innerer Gliederung des Pilzkörpers, ein wahres Speichergewebe dar. Man hat es als Pseudoparenchym bezeichnet, weil es im Querschnitt wirklich wie ein regelrechtes Gewebe aussieht, aber doch nur durch Verflechtung von Hyphen zustande kommt. Und nicht einmal Drüsen fehlen den Fruchtkörpern der Ständerpilze. Solche mit verschiedenen Stoffen erfüllte Hyphen kann man z. B. in den Telephorusarten sehen. Sie verraten gleich dem übrigen Vorgebrachten aus dem feineren Bau des „Schwammes", daß die Organbildung nicht stammesgeschichtlich bedingt sein kann, sondern dem weiten Gebiet der plasmatischen Erfindungstätigkeit angehört, durch welche die Gewächse ihre Bedürfnisse befriedigen. Die Meerestange und die Hutpilze sind gewiß keine Abkömmlinge voneinander.

ander, sie haben sich nichts vererbt, und doch finden wir in beiden Gruppen die Ansätze zu einer ganz ähnlichen Organausbildung. Die allgemeine Lehre daraus ist, daß, wenn die Gestaltung durch die Lebenszwecke bestimmt wird, der Begriff des Organs nach solchen Erfahrungen keine andere Deutung erlaubt, als daß ein Organ das Mittel sei, vermöge dessen sich das Plasma durch Selbstgestaltung Befriedigung seiner Triebe zu verschaffen versucht!

Sehen wir doch zu, wie sich im gegebenen Fall der Fortpflanzungstrieb sein Werkzeug, nämlich das sporenerzeugende Organ, seinem Endzwecke gerecht auszugestalten weiß.

Solange die Fruchtkörperanlage eines Champignons noch klein ist, überdeckt sie sich mit einer schützenden Haut, dem Schleier (velum). Dieser Schleier zerreißt erst nach Fertigstellung des Hutes. Bei der Enthüllung dieses Kunstwerkes sinkt er, und seine Reste und Ansatzstelle sind es, woran man sich oft bei den Waldpilzen als einer putzigen Kravatte des Stieles und als Fransen auf dem Hute ergötzen kann. Ringlein (annulus) nennt sie der Fachmensch.

Unreife und reife Stäublinge (Lycoperdon caelatum) auf einer Waldwiese. (Originalaufnahme von A. Mayer-Wien.)

Unter dem Schleier fältelt sich der unendlich zart durchgebildete Hut. Man braucht ihn natürlich nicht zu beschreiben, da doch jedermann, wenigstens als Kind, mit Entzücken die feine Fältelung unter dem schützenden Dache des Hütchens betrachtet hat. Das ist ein Meisterwerk an Zweckmäßigkeiten. Um es in seiner ganzen Größe zu beurteilen, erwäge man folgendes:

Wenn eine Landpflanze sich durch abgeworfene Zellen die Fortpflanzung sichern will, ist sie auf die Gnade des Windes angewiesen, also auf ein zufälliges Aussäen. Mit der Saatfrucht darf sie unter solchen Umständen nicht sparen. Wie soll sie aber wieder die Millionen von Keimzellen, deren sie bedarf, unterbringen? Sie muß sie an freiliegenden Flächen abschnüren. Wo hat ein Pilz solche, wie bietet er sie dem Winde dar?

Auf alle diese Fragen hat der Champignon eine passende Antwort gegeben. Er schiebt an einem Stiele, dessen Höhe sich der Umgebung anpaßt, den Sporenbehälter über den Erdboden. Um eine große Sporenbildungsfläche (Hymenium) zu gewinnen, fältelt und kräuselt er das betreffende Organ. Er bildet aus Hyphen hundert und aberhundert Blättchen, von deren Endzellen er die Sporenzellen absondert. Da sie aber

durch Regen und Tau verderben und unzeitig keimen würden, verlegt er die Fruchtblätter nicht an die Oberseite des Hutes, sondern darunter. Der Hut ist oben mit einer Art Epidermis und Rinde verwahrt und oft geradezu lackiert.

Das ist eine Reihenfolge von Einrichtungen, die den Pilzhut dem Naturfreund wahrhaft zu einem Monument der aus der Pflanze zu uns redenden zwecktätigen Kräfte des Lebensstoffes gestalten!

Die Einrichtung ist in manchen Einzelheiten abänderungsfähig, aber immer gleich praktisch. Allbekannt ist, daß es außer den Blätterpilzen auch Röhrenpilze gibt, bei denen die Fruchtschicht auf den Wandungen von Röhren untergebracht ist, und deren gewöhnlichste Vertreter der Steinpilz (Boletus edulis) und der Feuerschwamm (Polyporus), ebenso der Hausschwamm sind. Einen dritten Typus stellen die Bauchpilze (Gasteromyceten) dar, bei denen die Sporen innerlich an den Wänden von Hohlräumen abgeschnürt werden. Wenn nun wirklich der Pilz imstande ist, sich durch Selbsttätigkeit günstige Lebensbedingungen zu schaffen, dann muß er hier zur Ausgleichung einer für die Sporenverbreitung so unvorteilhaften Baueinrichtung ganz besondere Anstalten treffen. Und wirklich bieten auch die verschiedenen Familien der Bauchpilze die merkwürdigsten Sonderverhältnisse dar. Ihr Bauplan bringt sie in die Lage, daß zur Zeit der Sporenbildung das Hymenium noch in das Innere des Fruchtkörpers eingeschlossen ist. Aber die Ausstäubung des Sporenpulvers gelingt dennoch. Sie vollzieht sich sogar so auffällig, daß die bekanntesten Gattungen dieser Pilze, der gestielte Lycoperdon und ungestielte Bovist, denen wohl jeder Naturfreund auf Waldwiesen und Weiden schon einmal begegnet ist, den deutschen Namen Stäubling erhalten haben, wegen der braunschwarzen Sporenmassen, die ihnen als Staubwolken entströmen, wenn man einen ihrer reifen Fruchtkörper berührt. Die Peridie, die Außenschicht des Fruchtkörpers, öffnet sich nämlich im gegebenen Augenblick an der Spitze. Bei einer anderen, nicht weniger häufigen Gattung, dem Erdstern (Geaster), dessen Bild wir in Bd. I, S. 77 kennen lernten, reißt zuerst die äußere Peridie sternförmig auf, während die innere nur durch eine strahlige Öffnung das reife Sporenpulver verstäubt. Bei der Familie

Pilzblumen.
Links im Vordergrund ein Fruchtkörper von Clathrus cancellatus, daneben von Aseroë rubra, dahinter links die phosphoreszierenden Fruchtkörper von Dictyophora phalloidea und Kalchbrennera corallocephala. (Nach einem Aquarell des Verfassers.)

der Hymenogastrazeen, zu der z. B. die Rhizopogon genannte falsche Trüffel gehört, hilft sich die Pflanze, indem der Fruchtkörper sehr rasch verwest, wodurch die Sporen frei werden. Sphaerobolus, der auf altem Holze lebt, schleudert die Gleba, wie die Pilzfachsprache Körper mit der Sporenmasse bezeichnet, mechanisch ab, etwa so wie unter den Blütepflanzen die Explodierfrüchte ihren Samen. (Vgl. Bd. II, S. 559.)

Es entwickelt sich also im Kreise dieser einfachen Gewächse eine ganze „Blüten- und Fruchtbiologie", vor der die vielbewunderten Schaustücke der Blütepflanze nur das eine voraus haben, daß sie gemeinbekannt sind, während die seltsamen biologischen Anpassungen der Pilze nur im engen Fachkreise gewürdigt und nicht einmal da nach Gebühr studiert werden.

Seitdem Alfred Möller mit seinen schönen Studien über brasilianische Pilzblumen hervorgetreten, ist wenigstens eines dieser Wesen, die „Dame mit dem Schleier" (Dictyophora), deren nähere Beschreibung in Bd. I, S. 221—223 nachgesehen werden mag, geradezu volkstümlich geworden. Ihr anmutiges Bild ging durch populäre Werke und Familienblätter, andere Gattungen aus der gleichen Ordnung der Phalloïdeen, wie Clathrus, Aseroë, Kalchbrennera, die ich auf dem vorstehenden Bildchen zusammenstellte, verdienen aber mit gleichem Recht die poetische Bezeichnung Pilzblumen. Sie alle strecken ja besondere Schauapparate, nämlich grell, meist rot oder weiß-gelb gefärbte Rezeptakeln, das sind die Träger der Sporenmasse, hervor und strömen außerdem Leichengeruch aus und zwar — was sehr zu beachten — in der biologisch passenden Zeit. Einige von ihnen phosphoreszieren auch. Die Stinkmorchel (Jtyphallus impudicus [Bild Bd. I, S. 218]) und Mutinus caninus (Huds) Fr. sind bei uns nicht eben allzuhäufige, aber durch ihren „Duft" um so auffälligere Vertreter der Pilzblumen, während die anderen in den Tropen ihre Heimat haben. An ihnen kann man sich davon überzeugen, daß alle die geschilderten Vorgänge ihren Zweck erfüllen, da auf dem schleimigen Hütchen dieser Pilze stets Aasfliegen zu finden sind, die sich mit den im Schleim frei schwimmenden Sporen beschmieren und dadurch deren Verschleppung gewährleisten.

Es ist also im Leben der Pilze das ganze Problem der Blüte aufgerollt. Dies ist ein Fingerzeig, daß wir ihr Innenleben nicht zu gering einschätzen dürfen, und wenn einzelne Naturforscher, so namentlich Delpino und Kerner, aus der Blütenbiologie Schlüsse auf einen ziemlich hohen Grad psychischer Vorgänge in der Pflanze gezogen haben, so darf der gleiche Schluß, wenn er dort gilt, auch hier nicht ungeschehen bleiben.

Wir müssen bei solchen Gedankengängen noch berücksichtigen, daß die sogen. höheren Pilze, zu denen man vor allem die etwa 11000 Ständerpilzarten zu rechnen hat, ohnedies in der Fortpflanzung zurückgesunken, auf einfachere Stufen rückentwickelte Wesen sind. Denn sie entbehren völlig der Geschlechtlichkeit, die bei den Algen- und Schimmelpilzen teilweise noch stark hervortritt.

Diese neue Eigentümlichkeit des Pilzlebens verrät auch schon, welch fremdartige und unpflanzenhafte Entwicklung die Pilze einschlugen, wie schwierig daher jeder Schritt auf diesem Gebiete ist! Die Pilzkunde war und ist nicht umsonst der Schauplatz krasser Irrtümer und eines steten Umlernens. Diese tierischen Pflanzen haben stets die Erforscher der Natur mächtig angezogen, die Fremdartigkeit ihrer Erscheinung, Ernährung und Fortpflanzung, natürlich auch ihr großer Einfluß auf hundert

Berühmte Pilzforscher.

Prof. Dr. Jakob Eriksson
Prof. P. A. Saccardo †
Prof. L. R. Tulasne †
Prof. Dr. Oskar Brefeld

KOSMOS GESELLSCHAFT DER NATURFREUNDE STUTTGART

UNIV. OF MICH.

praktische Dinge des Lebens, haben schon sehr frühzeitig Anlaß zu einer gewaltigen mykologischen Literatur gegeben. Werke, wie die Prachtflora europäischer Schimmelbildungen des böhmischen Botanikers August Corda, der als botanisierender Handelslehrling von Humboldt entdeckt und zu einem bedeutenden Naturforscher erzogen wurde, oder die noch älteren berühmten Abbildungen der Pilze von Krombholz oder die für das Studium der Pilze lange als Bibel geltenden Werke von Persoon und Elias Magnus Fries ließen die Pilzkunde schon zu einer Zeit der übrigen Pflanzenkunde fast ebenbürtig gegenüberstehen, da die anderen niederen Pflanzen noch im „Chaos infusionum" der Kenntnisse ein unbeachtetes Dasein führten. Und auch später hat die Pilzforschung ihren hohen Rang behauptet und einige Werke hervorgebracht, die zu den Meisterwerken der Naturwissenschaft aller Zeiten zählen. Ja, ich stehe nicht an, eines davon, die drei Riesenbände der Selecta fungorum Carpologia der zwei Brüder Tulasne*, erschienen zu Paris um 1861—1865, hinsichtlich der Ausstattung als das Meisterwerk der Biologie zu bezeichnen. Es umschließt Kupfertafeln, von den Künstlergelehrten selbst gestochen, in die ich mich seit einem Jahrzehnt aus bloßem ästhetischem Bedürfnis immer wieder vertiefe, so wie man seine Mappen mit den Wiedergaben unserer Lieblingskunstwerke in Weihestunden stets mit gleicher Freude zur Hand nimmt oder in den Galerien dem und jenem Bilde, das alle Gemütsfreuden anzündend im Herzen brennt, Stunden seliger Versenkung opfert. Ich bitte, die vielen Faksimiletafeln, die ich, aus dieser besonderen Wertschätzung des Tulasneschen Blickes für das Malerische und Geschmackvolle, in reicher Zahl zum Schmucke dieses Werkes einfügen ließ, aufzuschlagen, und ich bin sicher, man wird mir recht geben, daß in ihnen ein Vorbild für die naturwissenschaftliche Illustration gegeben ist, von dem unsere deutschen Künstler, die der „Exaktheit" zuliebe oft recht blecherne Pflanzen und hölzerne Tiere malen, noch viel lernen können.

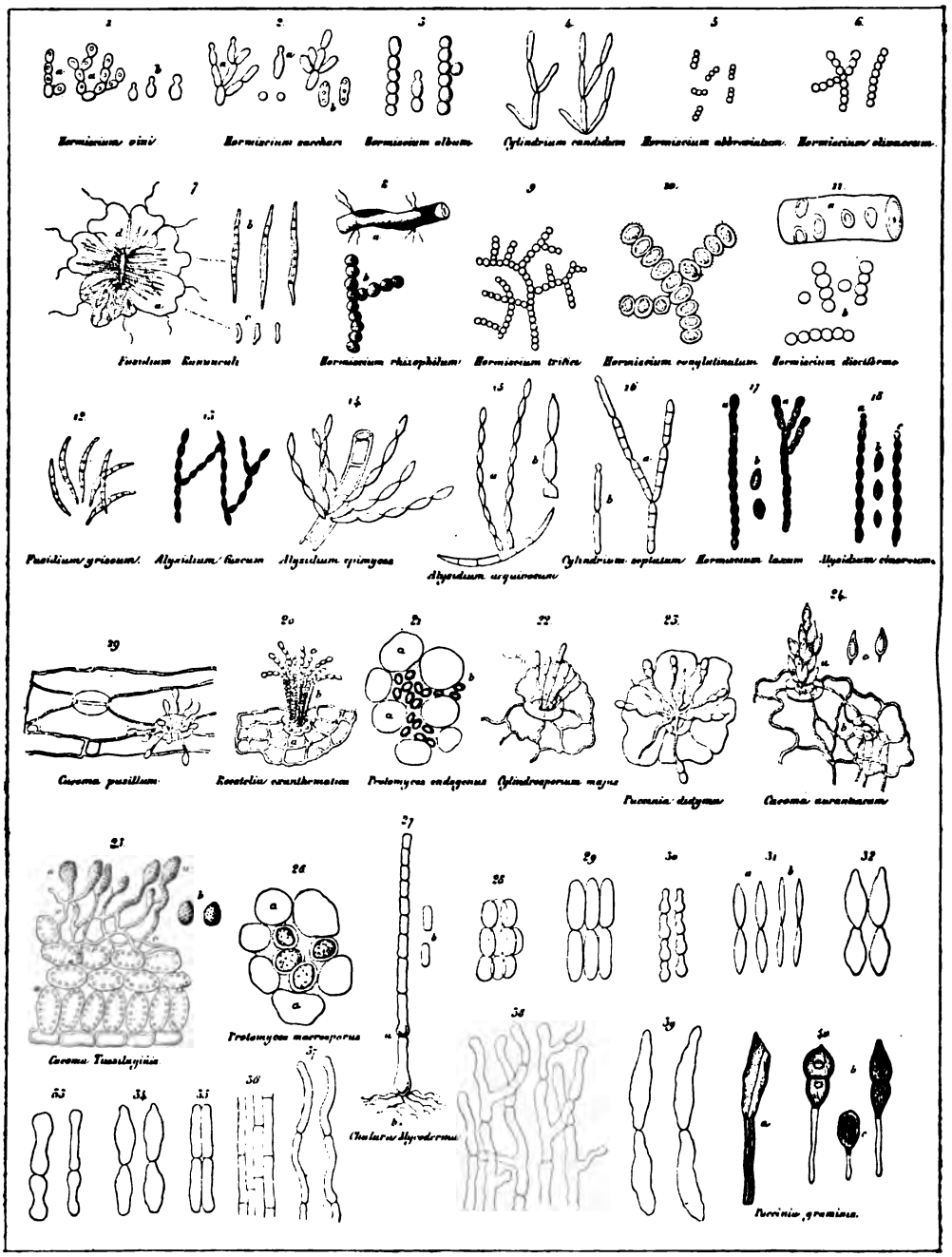
Neben Tulasne glänzt am mykologischen Himmel als Fixstern erster Größe aber auch unser Brefeld, der seinem Berufe sein Augenlicht opferte.

Seine 13 Hefte von „Botanischen Untersuchungen auf dem Gesamtgebiet der Mykologie" (von 1872—1906) gaben der Pilzkunde durch die systematische Einführung der Reinkultur erst jene wissenschaftliche Sicherheit, welche die Zeit der Verwirrung zu überwinden vermochte, deren ich nun gedenken will.

Wenn man das dritte der modernen Monumentalwerke auf dem uns hier anziehenden Gebiete, des Italieners Saccardo 18 Bände eines Sylloge fungorum aufschlägt, erkennt man auf einen Blick aus den Dutzenden, oft Hunderten von Namen, die demselben Pilzwesen beigelegt wurden, wie schwierig es für die Forschung gewesen ist, auch nur zu einer Einigung darüber zu gelangen, welche Entwicklungsstadien zu einer bestimmten Art gehören, geschweige denn einen der Wirklichkeit nahekommenden Stammbaum aufzurichten. Brefelds Verdienst wurde vorhin so warm gepriesen, weil er mit beispielloser Zähigkeit dieses Elend der Pilzforschung von Grund aus besserte, neue Methoden (hauptsächlich Reinkulturen auf Gelatine nach bakteriologischem Verfahren) ersann und es damit erreichte, sogar Hutpilze — die auf S. 319 nach ihm wiedergegebenen Bilder der Entwicklung des häufigen Coprinus-Schwämmchens bezeugen es — von

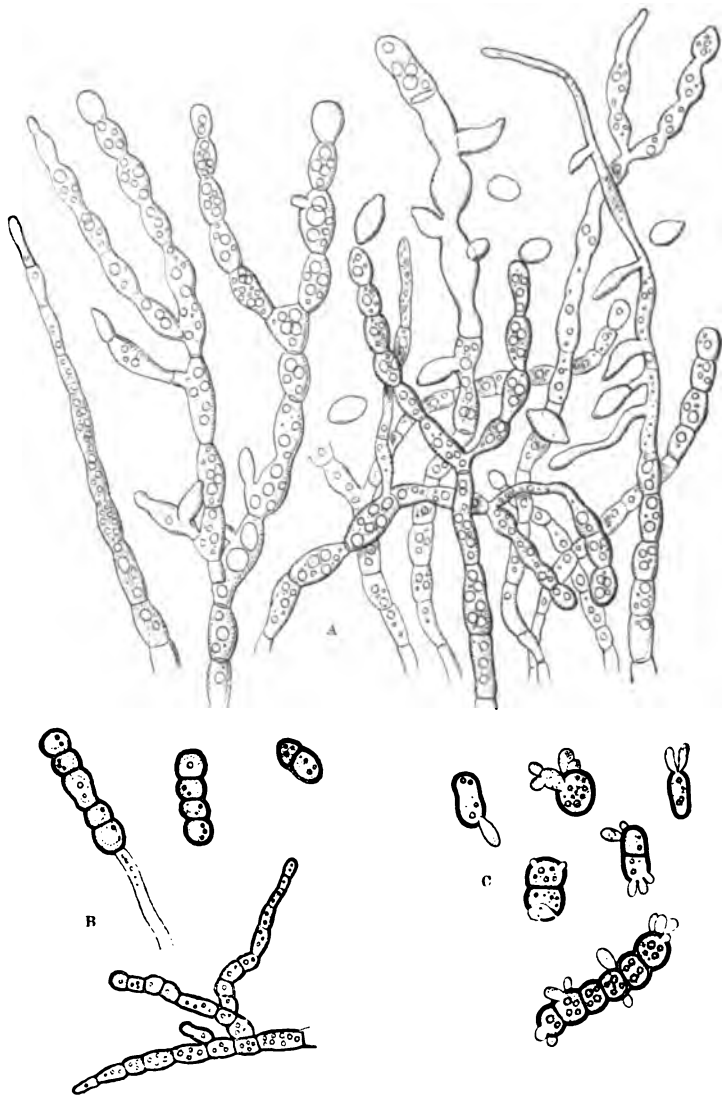
* Sprich Tülan.

der Spore bis zum fertigen Fruchtkörper lückenlos zu beobachten. So ließ sich ein unanfechtbares natürliches System der Pilze in seinen Grundrissen entwerfen, und es wird sich auch aufbauen lassen, wenn Brefelds Lebenswerk hundertfach wiederholt wird.



Darstellung von unklar unterschiedenen Hefennebenfruchtformen und Rostpilzen in älterer Zeit.
(Faksimile aus Bonorden, Mykologie.)

Vorläufig ist das Chaos aber noch immer undurchdringlich. Es ist so arg, daß man etwa 8000—10000 Pilzformen als unvollkommen bekannte Pilze, als Fungi imperfecti, ganz gesondert im System der Pilze mitführt, weil man nur einzelne ihrer Entwicklungsstufen kennt. Und sogar innerhalb dieser bescheidenen Grenzen ist man noch nicht einmal imstande, Gattungen ohne Willkür zu unterscheiden. Daher spricht man hier, weil man ähnliche Formen aus praktischen Gründen zusammenwirft, nur von Formgattungen, deren Zahl mit jeder neuen Untersuchung zusammenschmilzt, da sich immer mehr der Fungi imperfecti als sog. Nebenfruchtformen anderer, namentlich von Schlauchpilzen erweisen.



Konidien, Chlamydosporen und Hefebildungen.
A = Konidien des Monilia-Pilzes. B—C = Dematium pullulans D.-B. Myzel- und Ruhesporen (B), aus denen hefenartige Konidien in Nährlösung sprossen (C). (Originale des Verfassers.)

Als solche Nebenfruktifikation steht, wie es scheint, jedem Pilze mindestens die äußerliche Sporenbildung (in der Mykologiesprache: Konidienfruktifikation genannt) zu Gebote, deren Beispiele auf den Bildern zu diesem Abschnitt allenthalben gefunden werden können. Da eine saubere Unterscheidung der Begriffe die erste Forderung wissenschaftlicher Klärung eines Gegenstandes ist, so sollen hier die elementaren Definitionen der Fruchtbildungen Platz finden.

Unter Konidie versteht der Pilzforscher alle ungeschlechtlich erzeugten Sporen, die sich durch Abschnürung an der Spitze ihrer Träger bilden. Eine besondere Form

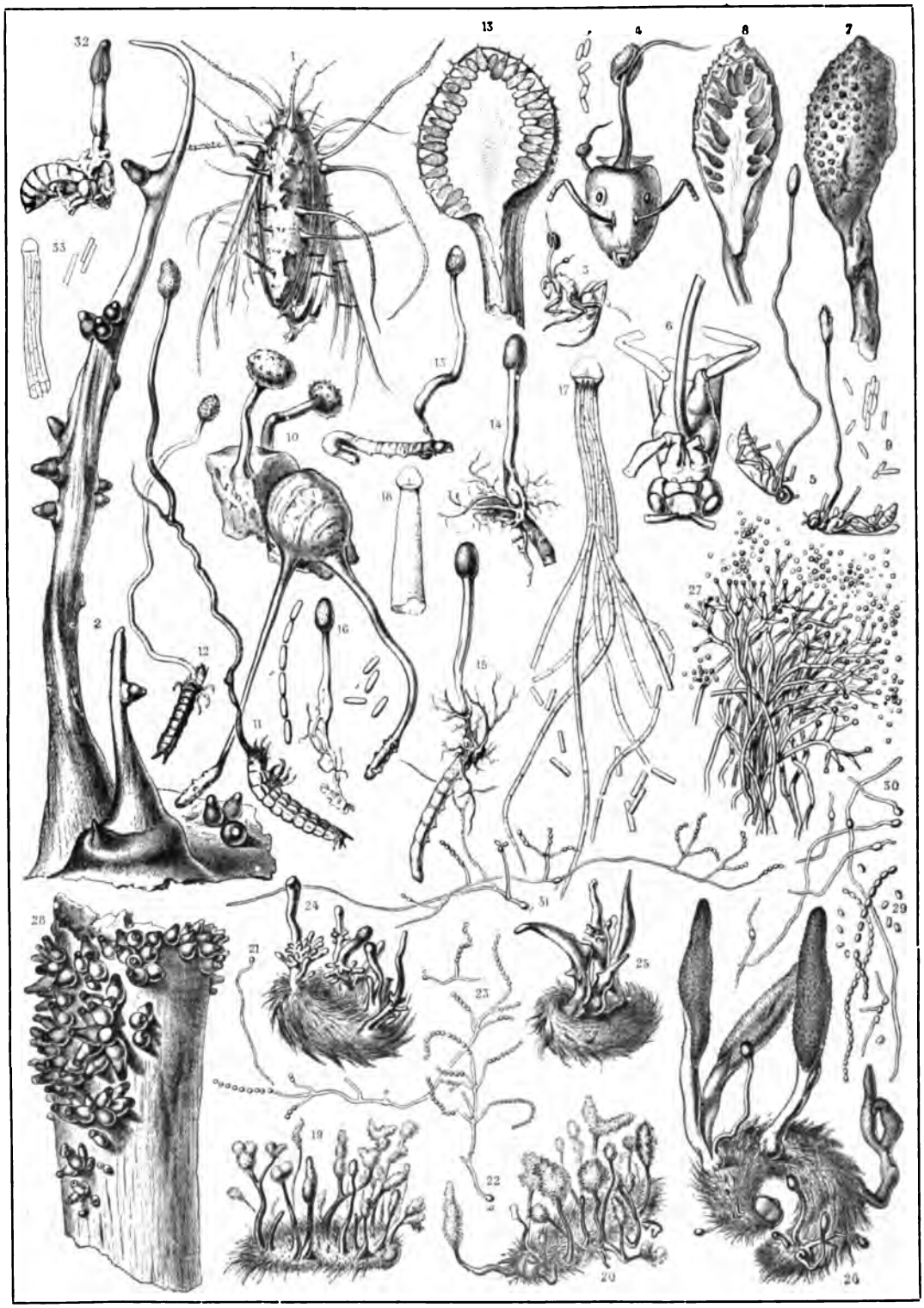
der Konidie ist das Oïdium, das sich gestaltet durch Querteilung einer Hyphe in eine Reihe sporenartiger Zellen. Eine andere Abart von Konidien sind die Pyknosporen, die sich im Inneren vertiefter Gruben (Pykniden genannt, abgebildet auf der Farbentafel der Phomakrankheit der Rübe) bilden. Nicht mit Unrecht unterscheiden wir auch die sogen. Chlamydosporen, die eine biologische Anpassung zu sein scheinen und stark verdickte Ruhezellen sind, wie wir solche schon von den Algen her kennen lernten.

Solche Konidien, Pykniden und Chlamydosporen finden sich nun im Wald und auf faulenden Gegenständen in außerordentlicher Mannigfaltigkeit. Sinnverwirrend ist diese Vielgestaltigkeit der Fortpflanzungsorgane (Pleomorphie), für die wir keinen Grund anzugeben wissen, deren Bedingungen zu erforschen aber erst einige unserer Forscher (G. Klebs, Brefeld u. a.) in Angriff genommen haben. Ihre Beschreibung aber füllt störend die vielen Bände des älteren Schrifttums, von deren Wirrsal ein Probebild auf S. 316 Zeugnis ablegen soll, und schuf jene Synonyme, d. i. verschiedene Namen für dieselbe Pflanze, zu Dutzenden und Hunderten, wie dessen oben Erwähnung getan wurde.

Mit noch mehr Recht gilt diese Klage von den Endosporen bildenden Pilzen, den sogen. Askomyzeten. Da bei ihnen in einzelnen Fällen (ein Beispiel ist der bekannte Meltaupilz, Sphaerotheca) noch ein Geschlechtsakt beobachtet werden kann, aber anderseits auch noch Konidien bildende Nebenfruchtformen neben typischen Schlauchfrüchten bekannt sind, ist die Verwirrung eine vollständige, wenn von einer Art nicht der ganze Lebenskreis so lückenlos verfolgt wurde, wie das z. B. Brefeld mit unsäglicher Mühe von den gemeinsten aller Schlauchpilze, den Pinselschimmeln Aspergillus und Penicillium, bot.

Was man im gemeinen Leben als Schimmel bezeichnet, ist gewöhnlich die Konidienform von Schlauchpilzen, deren sonstige Entwicklung unbekannt ist. Nur in manchen Fällen vermag man bereits zu erkennen, wie vielgestaltig doch ein solches einfaches Pilzlein sein kann. Mit ein paar Beispielen wird diese ganz wunderliche Naturtatsache am besten anschaulich gemacht. Man betrachte beistehende Faksimiletafel aus dem Tulasneschen Prachtwerk. Die sonderbaren Dinge sind Pilze, die aus toten Insekten, aus Raupen, Wespen, Fliegen und dergleichen herauswachsen. Solche findet man im Hochsommer zwischen Moos gar nicht selten. Chinareisende berichten, daß dort die kaiserliche Familie das Privileg habe, sie als Heilmittel essen zu dürfen, weshalb solche Raupen, getrocknet und sauber in Bündel verschnürt, aus dem ganzen Reich als Liebesgabe in die „Heilige Stadt" gesandt werden.

Wir nennen diese Pilzgattung Cordyceps und unterscheiden von ihr etwa 70 Arten, von denen C. militaris (L.) Link (Fig. 26 der Tafel) auf Käferlarven und Schmetterlingspuppen, C. cinerea Sack auf Käfern bei uns die häufigsten sind. Daß die Arten übrigens nur in ganz kleinen Einzelheiten voneinander abweichen, sieht man an der C. sphecocephala, der Fig. 5 unserer Tafel, die sich von toten Hymenopteren nährt. Dieser Pilz hat nun zweierlei „Fruchtformen". Zuerst brechen aus seinem Wirte kleine Schimmelrasen hervor (Fig. 19, 20), die, unter dem Mikroskop betrachtet, als ganz reizender echter Schimmel erscheinen (Fig. 21—23, 27, 29—31). Wir sehen die sich abschnürenden Sporen, wissen also: das ist eine Konidienfruktifikation. Doch lassen wir den kleinen Leichnam noch länger unter einer Glasglocke, so strecken



Insektenbewohnende Pilze.
(Cordiceps Fries).
(Faksimile aus Tulasne, Selecta fungorum carpologia.)

UNIV. OF MICH.

sich eines Tages wieder andere Gebilde aus ihm hervor. Ein richtiges Pilzlein, an festem Stiel mit keuligem Kopf (Fig. 3, 10—16, 5, 26, 32) wächst nun heraus. Das ist das Stroma, worin die Fruchtkörper eingebettet sind, in denen sich die Schlauchsporen bilden. Ein Schnitt durch die Spitze eines Stromas (Fig. 8 und 13), und man erkennt schon mit einer Lupe die in ihn eingesenkten flaschenförmigen Fruchtkörper. Und wenn man die Untersuchung weiter treibt und die Früchte zerzupft, sieht man nun im Mikroskop die Schläuche (Asci) vor sich (Fig. 17, 33), die den Schlauchpilzen den Namen verschafft haben. Es sind Schläuche mit Plasmainhalt, der gleichzeitig zu 8 langen Sporen zerfällt, die sich wieder in Einzelzellen zerstückeln (Fig. 17). Und jedes Stückchen bringt nach dem Freiwerden einen ganzen Pilz hervor, kraft der wunderbaren Fähigkeit des Körpergedächtnisses (Mneme), durch das jeder Spore die „Lebensformel" des Ganzen eingeimpft ist.

Wer hätte von vornherein gedacht, daß die Konidien und die Schlauchfrüchte Bildungen derselben Pflanze seien! Man hat auch die ersteren als Isaria-Schimmel in vielen Arten jahrzehntelang in Schimmelfloren aufgeführt, bis Tulasne den Zusammenhang erkannte.

Und nun ermesse man, welche Arbeit es kosten wird, bis die Zehntausende der Schimmel und Fungi imperfecti so in ihrer wahren Natur durchschaut sind, wie es sich jetzt so leichthin vom Isaria-Schimmel erzählen ließ!

Ein anderes, nicht minder fesselndes Beispiel ist durch die beistehende überaus elegante Zeichnung der Brüder Tulasne illustriert. Der Hypomyces-Pilz gehört zur großen, an 1000 Arten zählenden Ordnung der Hypocreales, die nebst den 6000 Formen von Sphaeriales die Masse der Verwesungspflanzen ausmacht. Dem Laien nie oder doch kaum auffällig, überziehen diese vom Spätsommer bis Winter im Walde Laub und tote Zweige, Rinden und Erdboden mit einer unbeschreiblich mannigfaltigen, winzigen Lebewelt, deren wahre Bedeutung als Verzehrer des Verwesenden, als Gesundheitspolizei des Waldes nicht einmal von der Wissenschaft noch genügend gewürdigt wird. Man findet an einem alten Waldbaum Schönheit über Schönheit; man kann an seiner Rinde, seinem toten Astwerk, seinem Laub, an seinem Fuß und seinen Wurzeln suchen und zergliedern soviel man will; man schöpft das doch nicht aus, sogar wenn man Hunderte solcher winziger Pilzformen kennen gelernt hat wie dieses Juwel an Kunstgeschmack, dem ich nun die Aufmerksamkeit zuzuwenden bitte.

Auf faulendem Laub oder großen Hutpilzen (denn auch die Pilze sind einander Überpflanzen) findet man ein rötliches Stroma wie in Fig. 1 dargestellt, umgeben mit einem unsäglich zarten Schimmelanflug und manchmal auch mit einem Trupp winziger Krüge und Urnen. Was auf der ersten Abbildung unserer Tafel im natürlichen Wuchs erscheint, davon ist ein Ausschnitt einige hundertmal vergrößert auf Fig. 2 zu sehen. Das Stroma erbaut sich aus vielverschlungenen Pilzfäden, aus denen Konidienträger reizendster Form ihre Sporen dem Winde anvertrauen. Fig. 3—18 der Tafel dagegen hält die Entwicklungsstufen fest, die zwischen einer Spore und der neuen Myzelbildung liegen. Diese Konidienfruktifikation wurde lange Zeit als Trichothecium candidum Bon. besonders unterschieden. Der Hypomyces-Pilz bringt ferner auch Chlamydosporen hervor; reizend bestachelte Kügelchen, die an die schönsten Formen der Pollenkörner von Blütepflanzen erinnern, wie denn überhaupt Sporen-

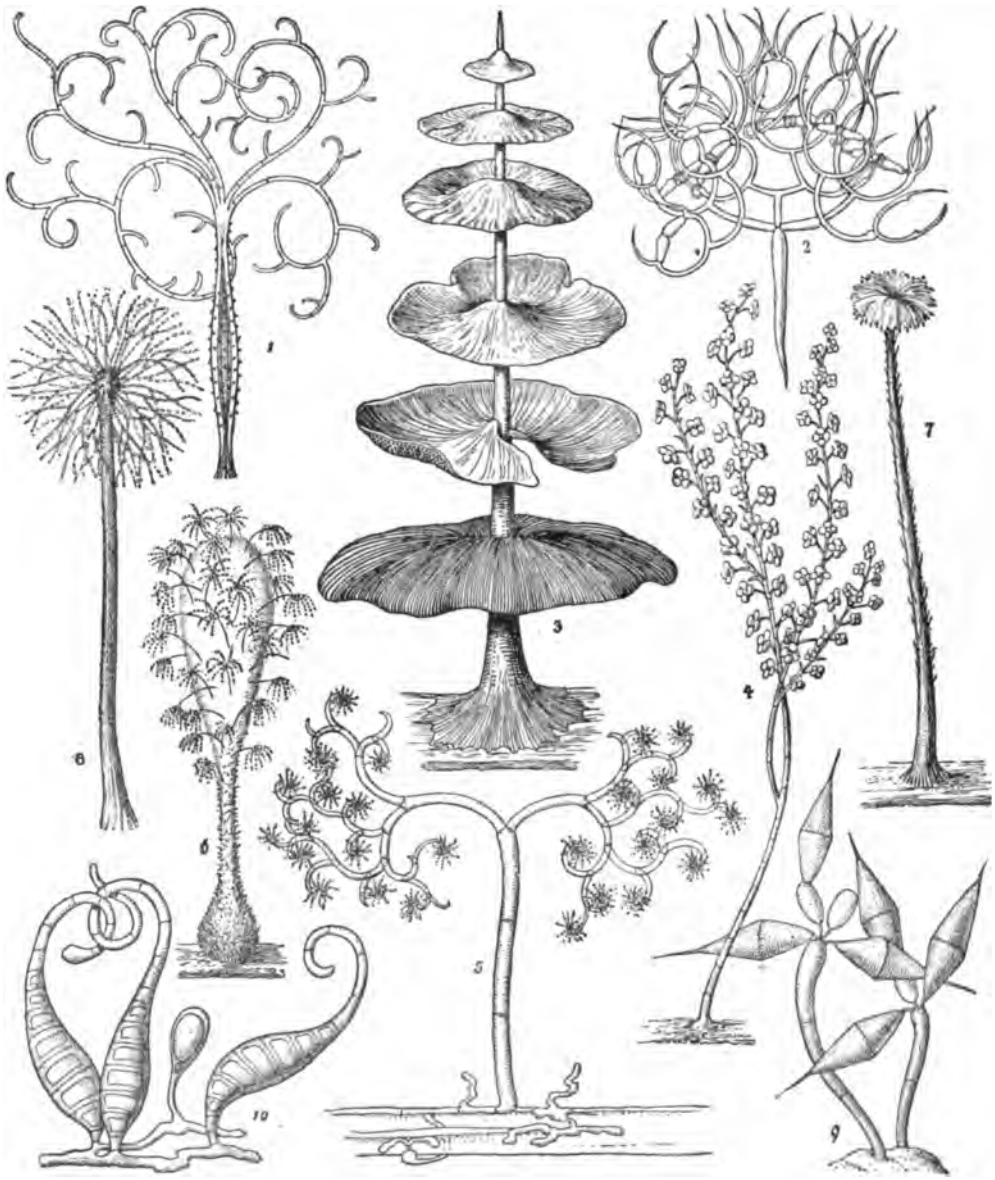
und Konidienträger der Pilze in ihrer ästhetischen Vielgestaltigkeit auch dem bloßen Liebhaber schöner Naturbilder sowie dem Künstler eine bislang nie benützte Quelle abgeben können (Bild S. 341).

Diese Konidienfruchtbildungen können jedoch zum Unglück der Pilzforscher auch noch allerlei Gemeinschaftsformen annehmen. Sie bilden Koremien, wenn ihre Träger zu Bündeln zusammentreten; sie bilden Pykniden (dargestellt auf der Farbentafel der Phomakrankheit), wenn die Konidien abschnürende Schicht in ein besonderes Gehäuse eingeschlossen ist. Indem solche, äußerlich kennzeichnend für die unvollkommen bekannten Pilze mit ihren Allerweltsformen Septoria, Phoma, Phyllosticta usw., den Schlauchfrüchten (Perithecien) der Askomyzeten zum Verwechseln ähnlich sehen, ist damit ein neues Hindernis für rasche und tiefgründige Klärung errichtet. Dabei gibt es nun sogar Pilze, von denen man nur diese oder jene Entwicklungsform kennt. So z. B. noch immer Hunderte der schönsten Schimmel (von denen ich einige Prachtexemplare als Augenweide hier festhalten ließ) nur als Konidialformen, so z. B. die Blattflecken erzeugenden Cercospora-Arten, von denen man über 400 in Nordamerika, 30 bei uns unterscheidet, oder die fast 200 Helminthosporium-Arten, oder der gemeinste grünbraune Schimmel im Walde (Cladosporium herbarum), der auch etwa 160 Artgenossen hat. Und nicht einmal damit sind die Schwierigkeiten der Pilzforschung erschöpft.

Auf den Figuren 6—8 unserer Tafel: Lebensformen eines Kernpilzes sind Keimungszustände von Konidien dargestellt, die an Hefebildungen erinnern. Solche eigentümliche Sproßzellenbildungen, die immer wieder nur Myzel mit Sproßzellen erzeugen, sind für die Hefe charakteristisch und unter den Pilzen, namentlich den Brandpilzen, weit verbreitet. Sie sollen uns ein weiteres gutes Exempel für die Pleomorphie die Pilze und die Schwierigkeiten ihrer Erforschung abgeben. Ich bitte S. 337 noch einmal zu beachten, wo ich eine auf süßen Früchten und absterbenden Pflanzenteilen sehr häufige Schimmelbildung, das Dematium pullulans De B. gezeichnet habe. Dieses Dematium-Pilzlein schnürt regelmäßig hefeartige Konidien ab. Brefeld hat darauf aufmerksam gemacht, daß der Schlauchpilz Sphaerulina intermixta eine Nebenfruktifikation hat, die ganz mit unserem Schimmel übereinstimmt. Andere Forscher wieder decken Unterschiede zwischen beiden auf. Nun macht Prof. G. Lindau darauf aufmerksam, daß auch ein anderer, sehr gemeiner brauner Schimmel, der sich auf faulendem Obst gewöhnlich einstellt: das Cladosporium herbarum, genau in der gleichen Lebensform auftreten kann. Ebenso aber auch der Verursacher der Rußtaukrankheit (Apiosporium salicinum Pers [Kze.] dessen Lebensformen auf unserer Tafel der Rußtaukrankheit eingesehen werden können) und die Pilze Dothidea rebesia und puccinioides. Ältere Anschauungen bringen die Dematium-Sproßzellen sogar direkt mit den echten Hefepilzen in Verbindung.

Und nun wage man, wenn man irgendwo eine Dematiumähnliche Pflanze findet, zu entscheiden, welche dieser 6—7 Pilzarten sie wohl sein könne? Und so geht es uns mit hundert und aberhundert Pilzformen. So entstand, so mußte das grauenhafte Babel der Pilznamen und die Begriffsverwirrung entstehen, die schon des öfteren Behauptungen an die Oberfläche des Gelehrtenstreites trieb, wie daß die Pilze ineinander übergehen könnten, daß sie sich aus dem Zerfall toter Blütepflanzen bildeten und mit

Bakterien in Beziehung ständen. Man hat einem deutschen Botaniker, E. Hallier, der ähnliche Dinge in einer großen Anzahl von Büchern verfocht, das sehr übel genommen — aber entschuldigt den Irrtum nicht diese wahrhaft abenteuerliche Sachlage, die soeben wenigstens mit einigen Streiflichtern erhellt wurde?



Kunstformen der Pilze.

1 = Ceratocladium microspermum Corda. 2 = Syzigytes megalocarpus. 3 = Mycodendron paradoxum Massee. 4 = Botryosporium pulchrum Corda. 5 = Dispira cornuta v. Tiegh., auf Mucor schmarotzend. 6 = Ein Coremium glaucum Fries. 7 = Graphium stilboideum Corda. 8 = Ein Coremium Stysanus Caput-Medusae Corda. 9 = Konidienträger von Beltramia rhombica Penz. 10 = Konidien von Ceratophorum helicosporum Sacc. (Vornehmlich aus den Werken von Saccardo und Corda.)

Suchen wir uns nun mit der regulären Fortpflanzungsart der Schlauchpilze bekannt zu machen, nachdem wir so viel Zeit auf ihre Seitensprünge verwenden mußten.

Die schon erwähnten Urnen des Hypomyces, erbaut aus regelmäßig angeordneten Zellen (wie auf der Tafel ersichtlich), sind der Behälter der typischen Fortpflanzungsorgane. Es sind Schlauchfrüchte, die man früher aus sogen. Askogonen d. h. bestimmten Hyphen nach einer vorhergegangenen Befruchtung, die so verlaufen sollte wie bei den Rottangen, hervorsprießen ließ. Auch das hat sich als höchst zweifelhaft erwiesen, und je sorgfältiger man die Spreu der Behauptungen durchsiebt, desto weniger bleibt, was man wirklich als gesichertes Ergebnis den Lernenden anbieten kann. Etwa nur folgendes:

Die Askomyzeten bilden ihre Sporen (meist eine Mehrzahl von 2) durch freie Zellbildung in Schläuchen. In jedem Ascus geht diesem Vorgang die Verschmelzung von zwei Zellkernen voraus. Eingeschlossen sind sie sehr oft in besondere Fruchtkörper, deren äußere Erscheinung und inneren Bau ich von beistehender Tafel (Fruchtkörper und Sporen) abzulesen bitte. Nectria und Sphaeria sind die zwei Paradebeispiele, von denen die erstere etwa 250 Arten zählt, die an dürren Ästen allenthalben angesiedelt sind, während die letztere Bezeichnung nur ein Sammelname ist für Dutzende von Gattungen, die zusammen die in 6000 Formen gespaltene, artenreichste aller Pilzgruppen, die Sphaeriales,* darstellen. Sie geben einen guten Begriff, wie diese Myriaden von Pilzchen, die auf dürren Ästen, an verwesenden Blättern auf Baumstümpfen, überall, wo Pflanzen faulen auf der ganzen Erde, als braune, schwarze, rötliche, helle Knötchen und Pusteln zu sehen sind, in Wirklichkeit beschaffen seien. Ein Myzel, aus Hyphen erbaute Fruchtkörper, dazu Konidienfrüchte, bald als Schimmel, bald als Pykniden, aus denen bakterienartige Sporen dringen — das ist der Lebenslauf dieser Feinde der Verwesung, die uns den Wald vom Verderblichen säubern, oft genug freilich so eifrig werden, daß sie lebende Pflanzen angreifen und dann allerlei schwere Krankheiten erzeugen.

In einem Gehäuse (Perithecium) sprossen, wie die Tafel zeigt, deren Einzelheiten sich auf Sphärien beziehen (durch ein Versehen des Druckers blieben die Ziffern weg), neben vielen unfruchtbaren Fäden (Paraphysen) die keuligen Schläuche. Aus ihnen werden die mehrzelligen Askosporen (vergr. abgebildet) meist ausgespritzt (sie dringen in langen Würsten aus den Gehäusen heraus) um dann keimend, wie ebenfalls auf der Tafel zu sehen, neue Myzelien hervorzubringen.

Noch mannigfaltiger gestaltet sich die Vermehrung der noch einfacheren Pilzwesen. Sie ist eben ein geradezu unerschöpfliches Kapitel, diese Gestaltungskraft der Kleinwelt. Dreimal habe ich diesen Abschnitt umgeschrieben, ihn immer wieder vereinfacht und getrachtet, das Unwesentliche wegzulassen oder nur da und dort zum Schmackhaftermachen oder zur Kostprobe zu dulden — und dennoch ist mir der spröde Gegenstand zwischen den Händen zerfallen und formlos geworden. Wer den Autor darob schelten will, mache es besser und lasse mich dann kritisieren. Das ist nämlich

---

* Davon hat Mycosphaerella und Leptosphaeria je 500 Arten, Diaporte und Valsa je 400 Arten, Pleospora, Metasphaeria ca. je 250, Hypoxylon, Xylaria je 200, Guignardia, Rosellinia, Ophiobolus weit über 100 usw.

Die Lebensformen eines Kernpilzes.
Hypomyces rosellus (Alb. u. Schn.).
(Faksimile aus Tulasne, Selecta fungorum carpologia.)

UNIV. OF MICH.

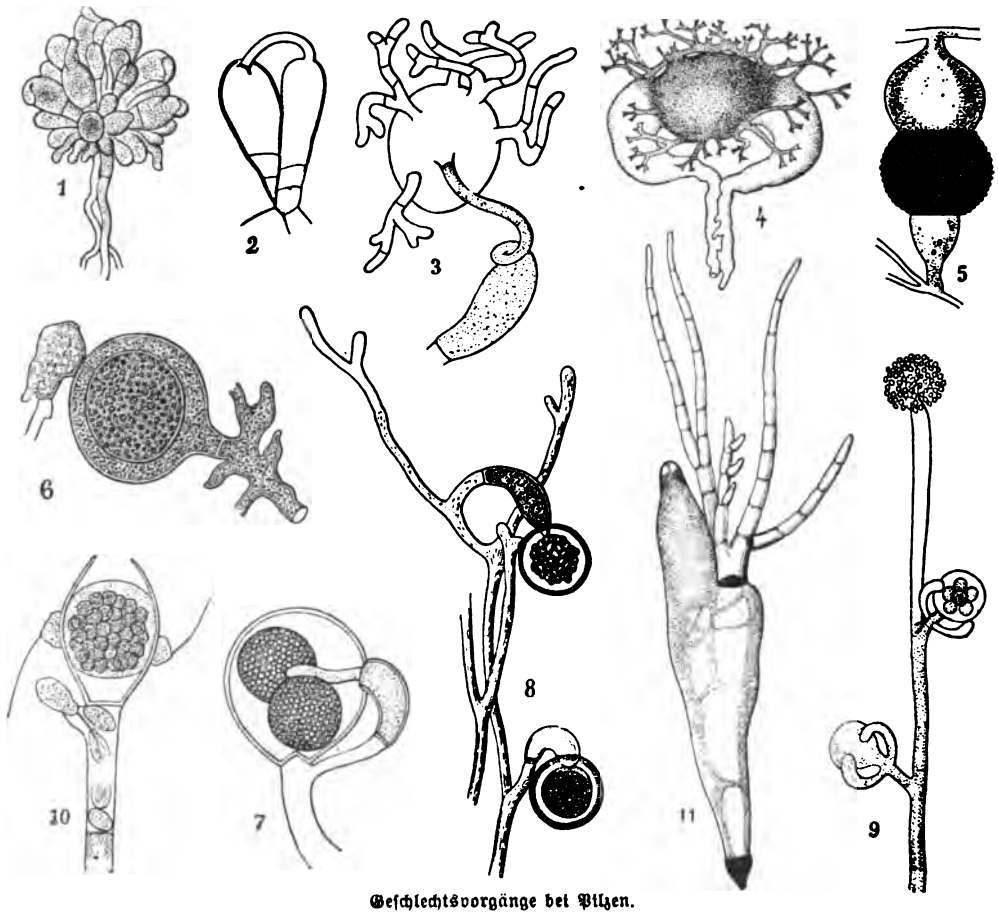
leichter, als nur einigermaßen anschaulich herauszuarbeiten, daß die Pilze, mit fast unbeschränkter Fortpflanzungskraft ausgestattet, die jedem Teilchen von ihnen die Wiederherstellung des Ganzen erlaubt, sich zum Schluß ihrer Stammesentwicklung ganz von den beschwerlichen Gesetzen der Geschlechtlichkeit emanzipierten, während sie am Anfang gewissermaßen noch viel mehr Sorgfalt darauf verwendeten. Es ist bei ihnen — aus einer uns noch unbekannten Ursache — Geschlechtsverlust (Apogamie) eingetreten. Man wird zu dieser Behauptung gedrängt, wenn man sieht, daß die Algenpilze, d. h. die einfacheren Lebensformen, ihre Fortpflanzung noch nach Art der Algen regeln, während schon im Kreise der Schlauchpilze der Geschlechtsakt auf einige Vorgänge bei wenigen Formen zurückgedrängt, bei den höchstentwickelten Ständerpilzen jede Spur davon verloren gegangen ist.

Von dieser wichtigen Sache muß hier noch einiges zu finden sein.

Ein Schlauchpilz, der noch Geschlechtsvorgänge erkennen läßt, ist Pyronema omphalodes (Bull.) Fuck. aus der etwa 3000 Arten zählenden Gruppe der Pezizineen. Seinen Namen hat er davon, daß er sich ganz regelmäßig auf verlassenen Brandstellen einfindet. Appetitlich ist er gerade nicht mit seinen weißumsäumten, fleischroten Krusten, aber für den Pilzforscher von höchstem Interesse. Die Fruchtanlagen, welche De Bary in seiner Abhandlung über die Fruchtentwicklung der Askomyzeten, später noch der finnische Forscher Kihlman studiert hat, bilden sich aus Rosetten großer Zellen. Diese Askogone vereinigen sich durch Schläuche, wobei eine Zellkernverschmelzung erfolgt, die man als Befruchtung gedeutet hat. Die Askogone werden daher als den Oogonien der Rottange entsprechende Organe betrachtet, die Schläuche aber als Antheridien. Aus ihnen gehen erst die askogonen Hyphen hervor, die Asci hervortreiben. Noch etwas deutlicher sind die Ähnlichkeiten mit dem Geschlechtsvorgang der Florideen bei den ganz abenteuerlich geformten wenigzelligen Laboulbeniazeen, von denen wenigstens die Gattung Laboulbenia ziemlich häufig auf den Flügeldecken und dem Hinterleib unserer Wasserkäfer zu finden ist (vergl. das Bild). Es läßt sich darüber streiten, und man hat es auch getan, wie weit trotz der Umbildung Gleiches wieder zu erkennen sei. Die Einzelheiten des Streites sind aber meines Erachtens, wie stets bei solchen strittigen, abstammungsgeschichtlichen Fragen, unwesentlich, gegenüber der schon festgelegten Hauptsache, daß in dem Ganzen Spuren einer sich rückbildenden Geschlechtlichkeit hervortreten, daß man also einen Fingerzeig hat, woher eigentlich die Pilze stammen. Sie sind abzuleiten von Wesen, nicht unähnlich den Schlauchalgen und Rottangen. Die bestehenden Unterschiede lassen sich durch die parasitische Lebensweise (Reduktion des Chlorophylls und Vereinfachung der Fortpflanzung) und den Übergang zum Luftleben nicht allzuschwer erklären. Belege für die Richtigkeit dieser Anschauung wurden durch das Studium der Fortpflanzung der Wasser- oder Algenpilze (Phykomyzeten) reichlich erbracht.

Die Vorgänge selbst sind in den Einzelheiten über alle Maßen vielverschlungen. Man kann sich dies wohl so erklären, daß in dem Pilzreich, wie es uns heute umgibt, viele Ansätze, Versuche zu Sonderentwicklungen, Seitenzweige und Überbleibsel einer sehr alten Geschichte vorliegen. Wen nimmt es da wunder, daß eine solche Geschichte verworren ist? Die Pilze sind eben ein uraltes Geschlecht. So wie in einer ehrwürdigen historischen Stadt — man denke doch nur an Rom, an Regensburg oder Nürnberg —

fast jedes Haus Erinnerungszeichen an längst Vergangenes hegt, oft aus Steinen zweier Jahrtausende zusammengesetzt ist und drei-vier Baustile am Leibe trägt, so sind auch die einfacheren, also von älteren Erdgezeiten her überlebenden Pilze ein wunderliches Gemisch von allerlei Organbildungen. Einst waren solche als Anpassungen geboten, und nun werden sie, auch wenn sie jetzt nicht mehr notwendig sind, nach dem Gesetz der Vererbung verkümmert, noch immer mitgeschleppt.



Geschlechtsvorgänge bei Pilzen.

1—3 Geschlechtsvorgänge bei Pyronema. 1 = Junge Fruchtkörperanlagen. 2 = Fusionierende Askogone. 3 = Bildung der askogonen Hyphen aus einem befruchteten Askogon. 4 = Zygosporenbildung von Phycomyces nitens Kunze et Schm. 5 = Zygospore von Mucor stolonifer Ehrb. 6 = Der Befruchtungsvorgang von Albugo (Cystopus) candida (Pers.) Schr. 7 = Oogon mit zwei Oosphären. 8 = Die Befruchtung bei Pythium De Baryanum Hesse. 9 = Die Befruchtung bei Achlya racemosa Hild., Ende eines Fruchtzweiges mit Oosporangien in verschiedenem Entwicklungszustand. 10 = Die Befruchtung bei Monoblepharis sphaerica Cornu. Spermatozoiden treten aus; zwei legen sich am Oogon an. 11 = Laboulbenia europaea Thaxt. mit Perithecium. (Größtenteils nach De Bary, Thaxter, Cornu und Kihlman.)

Nach vielem Probieren, wie ich doch darüber das Wesentliche ohne zuviel Lehrballast vorbringen könne, bin ich auf den Gedanken gekommen, die Sexualität der Pilze in ausgewählten Bildern vorzuführen. Ich habe sie hier oben einrücken lassen und bitte nun, die Aufmerksamkeit darauf zu richten, mit welch verschiedenen Mitteln die Pflanze doch dasselbe erreicht! Die Pilzreihe, die man die Zygomyzeten nennt

(was man ganz gut in Jochpilze verdeutschen kann), handelt im Prinzip so, wie es von Phycomyces und dem überall heimischen Mucor dargestellt ist. Aus dem Myzel wachsen zwei Zweige einander entgegen und schnüren an den sich berührenden Enden je eine Gametenzelle ab.* Diese Gameten verschmelzen, und eine Zygote als derbwandige Ruhespore ist fertig.

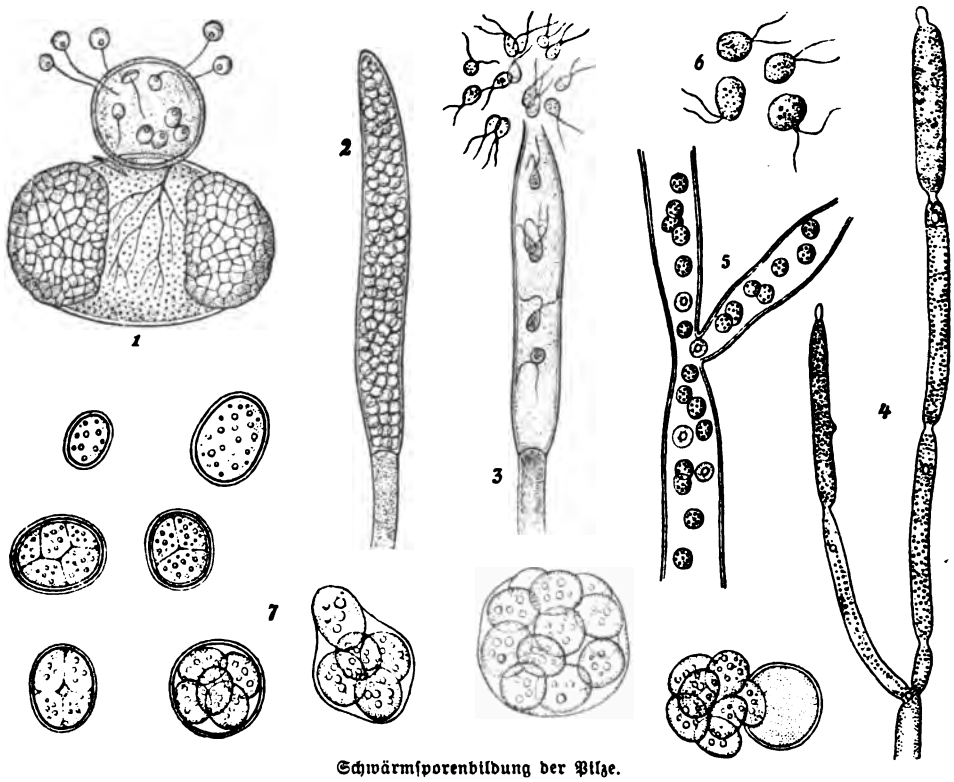
Überraschenderweise wiederholt sich also in der Luft ein Vorgang, der uns von den Jochalgen im Wasser (vgl. S. 218) schon geläufig ist. Diese Parallele steht nicht vereinzelt da. Man konnte eine ganze Reihe als Oomyzeten absondern, als deren Vertreter auf unserem Bilde der Weißrost der Kreuzblütler, d. i. der bekannte Cystopus, das Wasserpilzchen Monoblepharis, das vom Rübenbauer vielgefürchtete Pythium und der gemeine Wasserpilz (Achlya), der Fliegenleichen in ein zartstrahliges Leichentuch hüllt, in ihren Geschlechtsvorgängen dargestellt sind. So viele Vertreter, so viele Sondereinrichtungen! Cystopus und Pythium sind noch die einfachsten, sie sind auch reine Parasiten. Eine Myzelzelle macht das Antheridium, eine das Oogon; sie suchen einander und wissen sich zu finden. Die nahe verwandten Gattungen Plasmopara und Peronospora, beide als Schmarotzer geradezu volkstümlich, unterlassen die Befruchtung überhaupt. Sie stellen damit eine Wegmarke dar und einen Beleg, daß es wohl die parasitische Lebensweise der Pilze war, die ihr Geschlechtsleben zum Erlöschen gebracht hat!

Monoblepharis, ein dünnfädiger Myzelpilz, der auf toten Körpern im Wasser lebt, ist zur Beurteilung des Pilzlebens von unbezahlbarem Werte. Ist er doch der einzige Pilz, der bewegliche Befruchtungszellen, Spermatozoiden entsendet! Durch diese Tatsache hat man das Recht erhalten, kühnlich zu behaupten, daß die Pilze am Stammbaum des Pflanzenreiches ganz unten mit den Algen zusammenhängen, so wie sie durch Schleimpilze und Vampyrella auch mit den Amöben und Sonnentierchen, also mit dem Tierreich, in gewisser Verbindung sind und in den Bakterien wieder einen Seitenzweig getrieben haben, da gewisse soziale Formen von diesen (z. B. Chondromyces, vergl. darüber Bd. II, S. 54) oder die Cladothrix- und Beggiatoa-Arten ganz pilzähnlich sind. Auch zu den farblosen Geißelzellen, den Monadinen, sind Brücken geschlagen, und der Forscher, der in unseren Tagen den Versuch gewagt hat, die Stammesgeschichte aller dieser Wesen zu klären, nämlich der Holländer P. Lotsy, hat sich ein überaus schwierig zu erreichendes Ziel gesteckt.

Man kann die Diskussion über solche stammesgeschichtliche Fragen ins Endlose ausdehnen. Es ist ja gerade die Eigenart der Phylogenie, die an die Stelle der alten Systematik getreten ist, daß sie ihre Beweisgründe aus allen Eigenschaften der Lebewesen herbeiholt, weshalb auch alles, was man überhaupt erforscht hat, in ihre Kompetenz fällt. Doch ich glaube, wir können die Langatmigkeit vermeiden. Das Endresultat ist, daß sich der Streit auf die Frage zuspitzt, ob die Pilze auf eine gemeinsame Urform zurückgeführt werden können, ob sie also monophyletischen Ursprung haben oder einen polyphyletischen. Das letztere ist wahrscheinlicher. Von völliger Gewißheit sind wir noch weit entfernt. Als Beweise für diese Sätze stehen folgende wichtige Fortpflanzungserscheinungen der niederen Pilze zu Gebote:

* Zum besseren Verständnis empfiehlt es sich, vergleichend die entsprechenden Abschnitte auf S. 243—244, 253 über die Algen nochmals zu lesen.

Wer an dem Zusammenhang zwischen Algen und Pilzen noch zweifelt, der beachte die Wasserschimmelpilze, von denen die schon genannten Gattungen Saprolegnia und Achlya jedermann erreichbar sind, der sich für sie interessiert, ebenso wie der etwas phantastisch benannte Abwasser- oder Lämmerschwänzchenpilz (Leptomitus lacteus Ag.), der in wallenden weißlich-gelbbräunlichen Zöpfen die fließenden Abzüge der Zuckerfabriken besetzt. Alle diese in der Gruppe der Saprolegniinae zusammengefaßten Wesen vermehren sich auch durch Schwärmsporen. Das beistehende Bild sagt alles. Da aber Achlya und Saprolegnia reichlich auch Sexual-



Schwärmsporenbildung der Pilze.
1 = Schwärmsporangium von Rhizophidium pollinis Zopf, einem Pilz, der Pollenkörner von Nadelbäumen aussaugt. 2—3 = Schwärmsporenbildung von Saprolegnia Thureti De Bary vor und nach der Öffnung des Sporangiums. 4—6 = Schwärmsporenbildung des Abwasserpilzes (Leptomitus lacteus Ag.). 7 = Prototheca moriformis Kr. und dessen Sporangienbildung. (Nach Zopf, Thuret, Pringsheim und Krüger.)

organe bilden, was wieder auf S. 344 dargestellt ist, sind die Zusammenhänge zwischen den übrigen Pilzen und den Algen lückenlos gegeben. Auch die einfachsten Algenpilze, die Gruppe der Chytridineen, erzeugt ganz nach Art der Monaden geformte Schwärmsporen, und gelegentlich kommen solche auch noch bei Peronosporaceen vor. Und um der Beweise Maß vollzumachen, gibt es Naturforscher, die behaupten, man könne unmittelbar die Umwandlung von Algen in Pilze in der Natur selbst beobachten. Solche Zwischenwesen, die selbstverständlich jeden Naturfreund auf das höchste interessieren müssen, bezeichnete man als Jungpilze (Caenomyzeten).

Einer ausführlichen Abhandlung, die Prof. F. Ludwig, einer der besten Kenner dieser höchst nebelhaften Wesen, im Mikrokosmos, der Zeitschrift der Deutschen mikrologischen Gesellschaft, jüngst veröffentlichte, entnehme ich, daß man diese Übergangswesen am sichersten in den jedem Waldkenner wohlbekannten Saftflüssen der Bäume finden kann. Darin hauft eine ziemlich zahlreiche Algengesellschaft beisammen, von denen einzelne, offenbar verlockt durch den Reichtum an Kohlehydraten in den Absonderungen des Baumes, eine andere Ernährungsweise eingeschlagen haben, wodurch sie ihr Blattgrün einbüßten. Eine solche Übergangsform ist Eomyces Criéanus Ludw., dessen Stammalge nicht bekannt ist; eine andere (Leucocystis Criéi) leitet Ludwig von Gloeocapsa, also einer Blaualge, ab. Und Untersuchungen an in Höhlen und Kellern lebenden Algen, die farblos werden, ebenso von anderen Forschern (W. Krüger, Beijerinck) an Pilzflüssen von Ulmen, Pappeln und Linden, in denen ähnliche Übergangswesen gefunden wurden, gaben ihm recht. Es ergaben sich Zwischenstufen zwischen der ohnehin in mehr als einer Beziehung rätselhaften Chlorella und farblosen, pilzartigen Wesen (Prototheca, Bild S. 346). Ludwig weist sogar auf die sicher für viele ganz phantastisch klingende Tatsache hin, daß die farblosen Kieselalgen, deren man immer mehr kennen lernt (vergl. S. 167), auch Übergänge zu neuen Lebensformen, also zu Kieselpilzen, vorstellen.

Wenn nun auch meiner Meinung nach in dieser Sache noch lange nicht das letzte Wort gesprochen ist, soviel läßt sich aus dem Bekannten schon folgern, daß wir da zum Zeugen eines Schöpfungsaktes geworden sind, der einen sicheren Rückschluß erlaubt. So wie sich jetzt Blau-, Grün- und Kieselalgen in pilzähnliche Wesen vor unseren Augen verwandeln, so sind aus ähnlichen Ernährungsgründen allerlei niedere Pflanzen schon in Urzeiten pilzartig geworden, haben eine neue Lebensweise eingeschlagen, die dann das viele Absonderliche nach sich zog, das uns heute als „Pilz" recht unpflanzenhaft anmutet.

Die Pilze sind ein Seitenzweig und zwar — ich will die Behauptung wohl verantworten — ein durch unselbständige Lebensweise herabgekommener, dadurch in Bau und Fortpflanzung zurückgebliebener, entarteter Seitenzweig des Pflanzenstammbaumes.

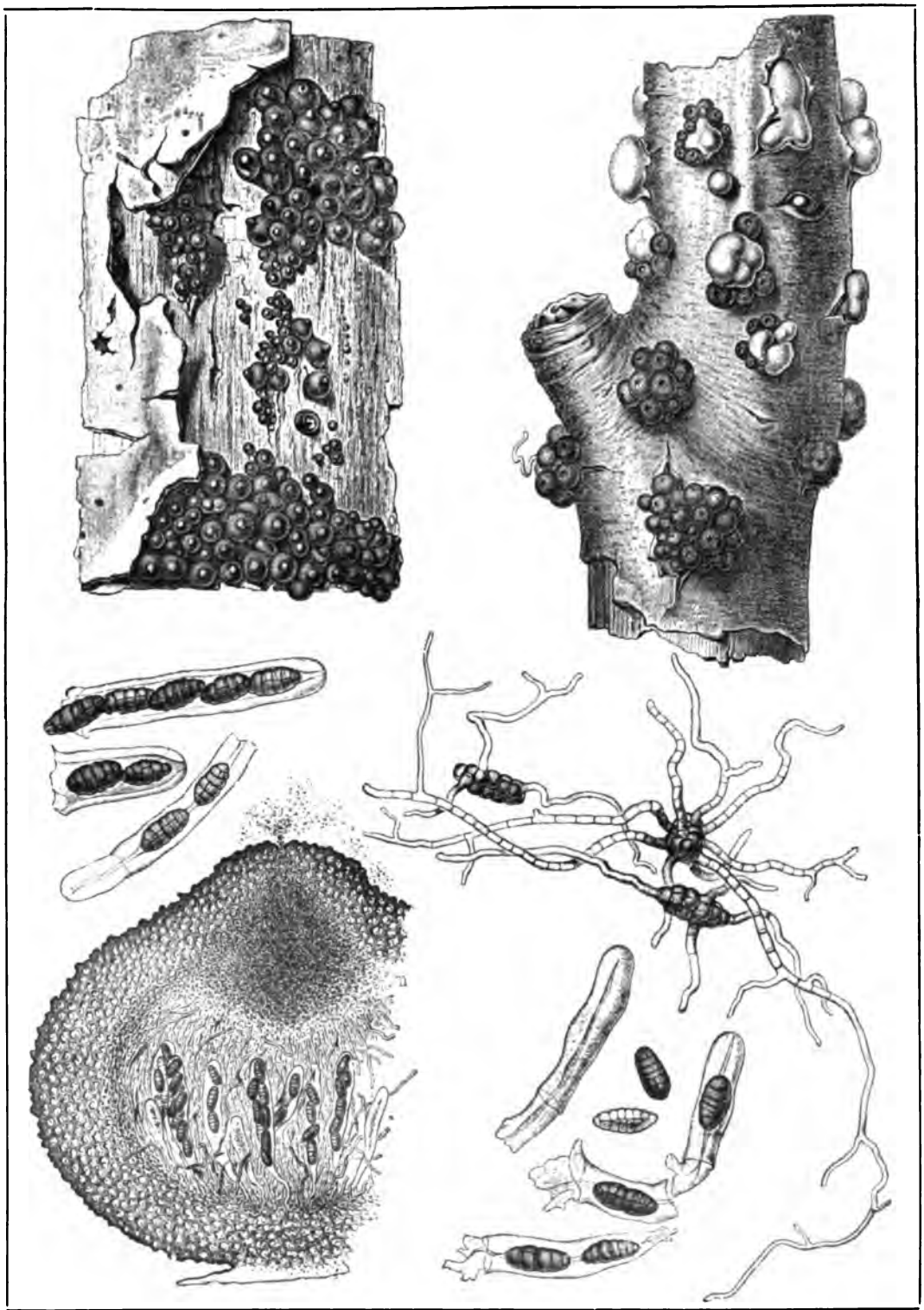
Ihre Herkunft ist verwischt worden. Soll ich ein Bild gebrauchen, so drängt es mich, sie mit einem Strolch zu vergleichen, dem man nicht mehr anmerkt, daß er der Sproß eines vornehmen Hauses ist. Am meisten hat man die Spur bei den Spaltpilzen verloren; es heißt willkürlich vorgehen, ob man sie nun zu den Pilzen stellt, wie es viele Forscher tun, oder gesondert behandelt, wie wir es aus Zweckmäßigkeitsgründen taten. Auch die Schleimpilze sind ein Sorgenkind des nach Herkunft der Familien fragenden Forschers. Sie sind in vieler Hinsicht ganz anders als sämtliche Pilze. Nicht nur durch ihre Tracht, sondern noch viel mehr durch ihre Fortpflanzung. Wenn man die schöne Tafel betrachtet, auf der ich einige Meisterbilder ihrer eigenartigen Vermehrungsart abzeichnen ließ, wird man von genial erfundenen Korallen, schwammartigen Gebilden, oder, mit noch besserem Vergleich, von feinen Kunststickereien eines geläuterten Geschmackes angezogen, die uns im Pilzreiche sonst nicht begegneten, ja, die im ganzen Pflanzenreiche Fremdlinge sind. Es sind das die Sporangien der Myxomyzeten. Ihre Plasmamasse zerfällt nicht immer in einzelne Sporen (wie

bei der nach Regengüssen im Walde häufigen Ceratiomyxa), sondern bildet meist einen regelrechten, mit Kunst und viel Mühe hergestellten Fruchtkörper, dessen Vollendung einen Rückschluß erlaubt, daß das Ebenmäßig-Wohlproportionierte, das wir als die erste Stufe des Künstlerischen bezeichnen, zum geradezu notwendigen Inhalt des elementarsten Psychischen gehören muß. Obgleich wir einem solchen Plasmatröpfchen nicht mehr als gerade nur das erste Dämmern des Seelischen zuschreiben können, entspringt dennoch seiner Schaffenskraft schon so viel Schönheit! Wir haben an einem der primitivsten Schleimpilze, an Polysphondylium, gesehen und können, wenn wir es vergessen haben, dessen Abbild im zweiten Band im Gedächtnis auffrischen (S. 27), daß zielstrebige Tätigkeit, ein instinktives Wollen die Myxamöben zusammenkriechen und Sporangien bilden heißt; an der Wirklichkeit eines solchen Triebes kann man nicht zweifeln. Warum sich aber dieser Trieb als Ausdruckstätigkeit* Kunstformen schafft, das ist ein abgründliches Rätsel, das wir scheu bestaunen, und vor dem, wie mich dünkt, noch auf lange hinaus uns nur ehrfurchtsvolles Schweigen ziemt. Ich wenigstens empfinde, daß es Heiliges gibt, nie intensiver, als in dem Versagen menschlicher Kraft angesichts solcher im Kleinsten funkelnder Unergründlichkeit der ewigen Urkraft, die uns trägt.....

In diesen zauberischen Wohngehäusen, die, häufig auch mit lebhaften Farben geziert, unserem Kunstgewerbe oft ohne jede Änderung als Modell für Beleuchtungskörper im „Naturstil" dienen könnten, spielen sich übrigens sehr prosaische Dinge ab. Es sondert sich darinnen der Inhalt in für die Fortpflanzung gleichgültige, also sterile Fäden und in Sporen. Die Gesamtmasse der ersteren nennt man in der Fachsprache das Capillitium, was man zu deutsch mit Fasernetz besser als mit dem eingeführten Haargeflecht wiedergeben könnte. Daß die ästhetische Gestaltung bis in die feinsten Einzelheiten durchgeführt worden ist, wollte ich auf unserer Tafel zeigen und habe deshalb eine solche Capillitiumfaser bei starker Vergrößerung (Fig. 2) abbilden lassen.

Und wenn wir uns an dem Wunder der Schönheit sattgesehen haben, so weiß der größte aller Künstler, den wir Plasma nennen und dessen „Ausstellung" wir noch viel zu wenig würdigen, unseren Geist mit den Wundern des Sinnvollen gefangen zu nehmen, das hier mit dem Schönen innig verwoben ist. Denn das Fasernetz ist nicht der Funktion bar, ebensowenig wie der kokette Schleier der weißen Pilzdame. Es ist fest zusammengepreßt im Sporangium; oft stehen Hunderte von Sporangien dichtgedrängt beisammen (man nennt sie dann ein Aethalium), und sie bergen zwischen ihrem Gerüst die festumhüllten Sporen, die daraus hervorlugen wie Äpfel aus dem Laube. Am Tage der Reife aber öffnet sich die Sporenkapsel; das Wasser aus der Luft anziehende Fasernetz schwillt an (vgl. Fig. 7 der Tafel), kräftig quillt es auseinander (die Fäden sind oft durch eine Einrichtung nach Art der Spirosparte [Bd. II, S. 45] geradezu zu elastischen Schleudern bestimmt!) und wirft die Sporen weit über den Waldboden. Ein Regentag bringt das Capillitium zur Entfaltung, ein Regentag erlaubt auch dem Plasmatröpfchen im Inneren der Spore, seine neue Lebensreise anzutreten. Als Schwärmspore (Fig. 1 der Tafel) schwimmt es in den kleinen Lachen, als Myxamöbe (Fig. 3) setzt es das Dasein fort; es kriecht wieder zu Plas-

* Vgl. darüber das in Bd. II, S. 429—31 Gesagte.



Fruchtkörper und Sporen von Pilzen.

Nectria cinnabarina Tode (Fig. 1) und Sphaeria obducens Fr. (Fig. 2—6).
(Faksimile aus Tulasne, Selecta fungorum carpologia.)

UNIV. OF MICH.

modien zusammen und vollendet seines Daseins Kreise, in denen es gar wunderlicherweise das Dasein des Urtieres mit dem des Geißelwesens und manchem Pilzhaften zu einen weiß. Alles jedoch so fremdartig, als ob vielleicht diese Schleimpilze die letzten Sprosse jenes untergegangenen Urlebens wären, das vor Tier und Pflanze das Sumpfland der jugendlichen Erde bevölkert haben muß.

So haben wir denn, wenn auch nur an ausgewählten Vertretern, mit den Anfängen und der Rückbildung der Geschlechtlichkeit bei den Pilzen alle Äußerungen ihres Fortpflanzungstriebes kennen gelernt und zugleich wohl stichhaltige Beweise erlangt, daß die Pilze keine einheitliche Gruppe, nicht einmal durchaus verwandte Wesen sind.

Aus diesen Kenntnissen muß die Wissenschaft versuchen, den Stammbaum des Pilzvolkes aufzustellen an Stelle der veralteten „Systeme", die übrigens gerade in der Pilzkunde noch eifriger erklügelt wurden als in der sonstigen Lebenskunde.

Von allen den verschiedenen Systemen, wie sie Fries, Bonorden, Corda, Nees van Esenbeck, De Bary und andere ersonnen haben, hat sich vor längerer Zeit das von Julius Sachs eingeschmeichelt. Und nicht unverdienterweise, denn Sachs ging von dem durch die Wirklichkeit fest gestützten Gedanken aus, daß in den Fortpflanzungsvorgängen viel echtere organisatorische Merkmale gegeben seien, aus denen sich auf die wahren Zusammenhänge der Gruppen schließen lasse, als in den „Eigenschaften", also der Erscheinung, Farbe, Form, dem inneren Bau und der Lebensweise. Diese sind vielmehr nur der Ausdruck von oft sogar individuell wechselnden Sonderanpassungen, weshalb man sie auch als in stetigem Fluß befindliche Anpassungsmerkmale jenen gegenüberstellt. Die experimentelle Morphologie hat neuerdings gezeigt, wie man durch Veränderung der Lebensbedingungen die Pflanze dazu bringen kann, ihre hergebrachte Gestaltung mit einer oft höchst verschiedenen neuen zu vertauschen, welche unter den veränderten Verhältnissen besser die notwendigen Funktionen sichert. Es stolpert also der Forscher von Irrtum zu Irrtum, wenn er glaubt, nur nach der Form der Organe auf innere Verwandtschaft schließen zu können. Als wir mit den Seetangen Bekanntschaft machten, lernten wir besonders gut das täuschende Spiel der Konvergenzerscheinungen durchschauen, die der sichtbarste Ausdruck für den Fluß der Anpassungen sind.

Der Erforscher der Stammesgeschichte wird also vornehmlich aus dem Ablauf der Fortpflanzung die Gruppen für verwandt oder einander fremd halten. Und diesen Weg hat Sachs eingeschlagen. Nur ist er hierbei so weit gegangen, die Analogien der Fortpflanzung unbedingt höher zu schätzen als das Trennende der Lebensweise. Darum hat er Hefe- und Spaltpilze mit Blaualgen und Palmellazeen in eine Gruppe geworfen, Schleim- und Jochpilze mit Volvozineen und Jochalgen, Saprolegnia und Peronospora mit den Schlauchalgen und endlich Schlauch- und Ständerpilze mit Rottangen, Armleuchteralgen und der Gattung Coleochaete zur Klasse der Karposporeen vereinigt.

Man kann sich schwer mit einer so radikalen Änderung des Hergebrachten befreunden, hat auch den Vorschlag wieder verworfen und hält Algen und Pilze reinlich auseinander, gesteht ihnen höchstens eine Art paralleler Entwicklung zu. Doch wird niemand, der das eigenartige Wesen des Pilzhaften sich so recht zu eigen gemacht hat, von dem Gedanken loskommen, daß die Pilze eigentlich doch nur Algen sind, die durch merkwürdige Lebensweise auf Sonderbahnen der Anpassung ge-

drängt wurden. Wir wissen heute, daß sie sich mit echten Algen vergesellschaften zu den Doppelwesen, die man Flechten nennt. Schon in dieser so leichten und innigen Vereinigung ist ein Fingerzeig gegeben. Erinnert man sich der direkt beobachteten Umwandlung von Algen zu einfachen Pilzen, des vielstammigen Ursprunges der Pilze aus Algen, was man sich stets so, wie das geschilderte Beispiel von Protothéca, vorstellen muß; vergleicht man Schraubenalgen, denkt man an die Schwärmsporen der Wasserpilze, entsinnt man sich schließlich dessen, daß es blattgrüne Spaltpilze gibt (Engelmann hat solche beschrieben), daß die grünen und braunen Geißelwesen und Algen pilzhaft, d. h. saprophytisch lebende Parallelformen haben, von denen ich eine Reihe hier einander gegenüberstelle (man vergl. auch die Tafel: Geißelzellen):

Euglena viridis	Euglena hyalina, Astasia
Chlorogonium euchlorum	Chlorog. euchl. hyaline Form
Cryptomonas	Chilomonas
Ochromonas	Monas
Chlamydomonas	Polytoma
Trachelomonas	Trachelomonas hyalina
Spirulina	Spirochaete
Nitzschia sp.	Nitzschia hyalina

so muß man wohl immer die Möglichkeit im Auge behalten, daß auf Sachs, nach Änderung einiger von ihm verfehlter Einzelheiten, noch einmal zurückgegriffen werden wird.

Jedenfalls sind die Zusammenhänge zwischen Algen und Pilzen doch viel inniger, als sie in dem heute gebräuchlichen System zum Ausdruck kommen.

Mit diesem Vorbehalt kann ich diesen Entwurf einer Pilzbiologie mit seiner Abrundung, der Darstellung des Systems der Pilze, versehen.

Wir sehen ein, warum man den Schleim- und Spaltpilzen eine Sonderstellung einräumen und sie zugleich an den Beginn des Systems stellen muß. Ihr Aufbau ist zu primitiv, ihre Fortpflanzung (im ersten Fall nur ungeschlechtliche Sporenbildung, im letzteren eine Spaltung des Körpers, vielleicht auch eine echte Sporenbildung) [man vergl. S. 113] zu einfach. Da der Begriff der Pilze ein physiologischer ist und die Ernährung beider dem entspricht, sind sie wohl als Pilze zu nehmen. Nur müßte man, um folgerichtig zu sein, auch die oben zusammengeschriebenen farblosen Geißler und Algen, mit Caenomyzeten, Vampyrellen und gewissen Meeresplasmodien (Protomyxa!) und Amöben in eine Gruppe vereinigen, die dicht neben den Urkugelalgen stehen sollte, und von der nach allen Seiten, zu Spaltpilzen, echten Pilzen, Flagellaten, Blau- und Grünalgen und nach den Urtieren hin, die Fäden hin und wieder schießen. Dieser Gruppe könnte mit Recht die Bezeichnung Zwischenwesen beigelegt werden, und sie, deren Grenzen so offenbar im Flusse sind, wäre das Paradestück für die Wahrheit der Abstammungslehre, daß Art und Familie nichts Festes sind, sondern eines aus dem anderen geworden ist!

Diesen drei Gruppen von Urwesen stehen dann die eigentlichen Pilze gegenüber, von denen man aber nicht sagen kann, daß sie nur die Fortentwicklung jener darstellen,

sondern sie sind wohl die ins Pilzhafte veränderten Seitentriebe von Schlauchalgen, sowie sonstigen Algen. Man muß innerhalb ihrer die Algenpilze (Phycomycetes) ganz absondern von den Schlauchpilzen (Ascomycetes), denn zwischen beiden sind keine Übergänge.

Ebenso selbstverständlich ist es, wenn innerhalb der Klasse der Algenpilze die Zygomyzeten zusammengefaßt werden, die wie die Mukorazeen und die verwandten echten Schimmelfamilien, analog den Jochalgen Zygosporen erzeugen. Und wenn ihnen ferner die Oomyzeten, die Pilze mit oogamer Befruchtung entgegengesetzt werden, innerhalb derer dann Peronospora-Pilze, Wasser- und Abwasserpilze u. a. sich in besondere Familien teilen lassen.

Schwieriger schon ist die der Herkunft entsprechende Gruppierung der Schlauchpilze. Das natürliche System von Brefeld, dessen Grundzüge hier entwickelt werden, hat aber auch darin leidliche Reinlichkeit in einen Augiasstall gebracht. Es wählt — natürlich nicht ganz ohne Willkür — die Art, wie die sporentragenden Schläuche gebildet werden, zum Einteilungsprinzip. Es ist ein gutes Stück Linnéismus dabei, d. h. ein Vergewaltigen der Natur zum guten Zwecke eines brauchbaren Systems, und die Strafe bleibt auch nicht aus: denn es erübrigen rund 10000 Fungi imperfecti, mit denen auch das Brefeldsche System nichts anzufangen weiß. Doch wer wollte ihn ob der Schwierigkeiten der Naturforschung schelten? Sein System ist brauchbarer als die bisherigen, und wenn die unvollkommenen Pilze aufgearbeitet sind, lassen sie sich in sein System unterbringen. Dieses System unterscheidet Hemiascales von Euascales, das heißt, es gewährt den Hefepilzen einen Sonderplatz gegenüber allen anderen Schlauchpilzen, weil sie noch keine typischen Asci haben, sondern ihre Sporen einfach dadurch bilden, daß die vegetativen Zellen selbst in eine unbestimmte Zahl von Sporenkügelchen (Endosporen) zerfallen.

Die wahren Schlauchpilze dagegen werden in zwei Reihen geschieden. Die Exoasci haben keine Fruchtkörper, die Carpoasci dagegen werden in sechs Ordnungen geteilt, je nachdem ihr Fruchtkörper eine allseitige unvollständige (Gymnoascales) Hülle besitzt, oder diese überall geschlossen und wohlgebaut ist (Perisporiales, Beispiele: Erysiphe, Tafel zu S. 454, Bd. II), ob dieser Fruchtkörper sich oben mit einem Loch (Kernpilze [Pyrenomycetes] Beispiele: die Sphaerien) oder einer Längsspalte öffnet (Hysteriales, Beispiel: Lophodermium). Scheibenpilze (Discomycetes, Beispiel: Peziza) werden unterschieden von einer Gruppe der Helvellales (Beispiel: die Morchel), weil die sporentragende Schicht einmal schüsselförmig, einmal keulenförmig ausgebreitet wird.

Das sind allerdings höchst äußerliche, ohne inneren Zwang gewählte Merkmale, und das „genetische Prinzip" wurde bei ihrer Wahl so ziemlich vergessen, doch geht es damit der Pilzforschung so, wie der Blütepflanzenkunde zu Linnés Tagen. Man fühlt gewisse zusammengehörige natürliche Gruppen heraus, auch bevor man sich durch Zuchtversuche von ihrer wirklichen Verwandtschaft überzeugt hat, und so wird die Willkür durch eine intuitive Ahnung der Wahrheit geleitet, die überhaupt in der ganzen Wissenschaft viel mehr Einfluß auf die Wahrheitssucher hat, als der Alleinherrschaft fordernde kritische Verstand zugeben mag. Nicht nur die großen Erfinder lassen sich häufig unbewußt, oft sogar eingestandenerweise von Intuitionen leiten wie Glücksspieler, sondern

auch Naturforscher allererſten Ranges: ein Newton, Galilei, Faraday und Darwin, haben in ihren Schriften zu verſtehen gegeben, daß der Wahrheit immer eine Ahnung der Wahrheit vorausgeht, die der vertraueneinflößende Leitſtern ihrer Arbeit war.

Eine ſolche glückliche Intuition feſtigt auch das Syſtem der Ständerpilze (Basidiomycetes), indem Hemibasidii von Proto- und Autobasidiomyceten geſchieden werden, weil die erſteren (die gemeinbekannten Brandpilze) noch nicht richtige Baſidien entwickeln, ſondern einen Konidienträger, welcher Konidien abſchnürt. Die Protobasidiomyceten, deren Typus die Roſtpilze ſind (Uredinales), verdienen den niedrigen Rang, den ihnen die Botanik heute anweiſt, da ihre Geſtaltung zum guten Teil ſehr einfach iſt. Sehr gekünſtelt iſt dagegen das zu ihrer Unterſcheidung von den wahren Hutpilzen (Hymenomycetes) herangezogene Merkmal, daß ſie mehrzellige, jene aber einzellige Baſidien herſtellen. Natürliche Gruppen innerhalb dieſes Unnatürlichen aber ſind letztlich die Ordnungen der Hutſchwämme (Hymenomycetes, Beiſpiel: Champignon), der Bauchpilze (Gasteromycetes, Beiſpiel: Erdſtern) und der Phalloïdeae (Beiſpiel: Stinkmorchel), mit denen der Pilze Entwicklung ihr derzeit Höchſtes erreichte.

Ein dornenvoller Weg war es, den ich meine Leſer führte, und reuevoll nehme ich meine Vorwürfe gegen die jede Freude an lebendigem Wiſſen ertötenden Syſtematiker, wie ſolche in dieſem Buche an mancher Stelle ausgeſprochen wurden, wieder zurück, denn ich bin hier ſelbſt einer von ihnen geweſen. Doch, wenn man mir dieſe wüſte Partie nicht verzeiht, entſcheide man auch, ob man es mir vielleicht vergeben hätte, wenn in einem Standardbook des Pflanzenwiſſens, mit dem man in allen Fragen des Rates pflegen, zu dem man immer wieder zurückkehren will, um ſeine Neigung zum ſtillen Reiche Floras in Wiſſen davon zu wandeln, nicht auch ein Überblick und eine Erklärung des Pilzſyſtems zu finden geweſen wäre? Sie war freilich ungenießbar trocken — aber gibt es denn nicht Dinge, an denen auch die Kunſt des allerbeſten Koches ſcheitert? . . . .

Wir verzichten ja ohnedies auf eine Aufzählung der wichtigeren Familien und Gattungen. Die wirklich wichtigen Pilze werden in den folgenden drei Kapiteln abgehandelt — nicht aber Namen ohne dazu gehörige Begriffe aufgewühlt, wie ſie in ſo vielen Lehrbüchern und ſogar in volkstümlichen Werken zu finden ſind. Die Namen geben doch nicht einmal geiſtigen „Dünger“ — denn gar nichts ſprießt daraus, nur Kopfweh oder aufgeblaſenes Wortwiſſen, der erbittertſte Feind aller echten Forſcher.

Und gerade der Pilze ſonderbares Weſen und Tun ſollte doch wie kein anderer Gegenſtand der Natur zum Gegenſatz bloßer Worte, nämlich zum Denken anregen.

In unſeren Tagen, da der von dem Materialismus ſchon ſo frohlockend begrabene Begriff der Teleologie mit Kraft erwacht und zum Schaudern der alten Naturforſcher ſich wieder breit in die Probleme hineinſetzt und die ſchönſten Löſungen verdirbt, in denen man das materialiſtiſch Unerklärliche ſo hübſch mit nichtsſagenden Worten zudeckte, bis man nichts davon merkte — da ſollte das philoſophiſche Denken nicht achtlos vorübergehen an Lebeweſen, die mehr als alle anderen verraten von einer rätſelhaften teleologiſchen Beziehung zwiſchen den Lebeweſen. Von einer Beziehung, die ſo anmutet, als ob das Lebendige auf der Erde wieder in höherem Sinne eine Einheit wäre, die ebenſo nach ihrer Geſamterhaltung ſtrebt wie das einzelne Individuum.

Keine Antwort kann und will ich hier geben. Zu neu und in noch Unerforschtes lockend ist dieser Gedanke, als daß man schon antworten könnte, da man noch schwankt, wie die Frage zu stellen sei. Nein, nur die Frage wollte ich aufwerfen, eine Frage, die heimlich wieder durch alle Naturforscherköpfe geht: Gibt es auch eine Teleologie außerhalb der lebenden Einzelwesen, und wie erklären wir sie?

Die Biologie der Pilze hat uns noch eine Lehre zu erteilen, wenn sie die Berechtigung solcher Frage beweist.

Das Pilzleben leistet zu offenkundig den anderen Pflanzen einen großen Dienst. Indem der Pilz halbzersetzte Tier- und Pflanzenstoffe in seinen Körper verwandelt, versetzt er sie in einen Zustand, in welchem die höhere Pflanze und das Tier sie schneller verwenden können. Indem er als Gesundheitsbeamter des Waldes das Faulende, Verwesende aufzehrt — und zwar in welchem Maßstabe aufzehrt! — dient er den anderen Lebewesen ungewollt. Indem die Pilzmyzelien an die Wurzeln der Waldbäume herantreten, sich zur Pilzwurzel mit ihnen verspinnen, fördert ihre Selbstsucht das Wohl der anderen, sogar das Wohl der Gesamtheit, denn vom Walde hängen Millionen der Tiere ab. Es ist nicht einmal paradox, zu sagen: für der Menschheit Wohl sind die Bodenpilze nicht gleichgültig!

Da liegt das Problem, rein und klar, wohl sichtbar, doch nicht faßlich. Ist dieser gegenseitige Nutzen ein Zufall, ist er ein Gesetz? Wenn das Zweckmäßige, das im Körper von Tier und Pflanze zutage tritt, von dem Plasma erzeugt wurde, wo ist dann der Erzeuger der „sozialen Teleologien?“ Gibt es eine Massenseele, hat die Erde selbst einen Geist? Oder beginnt nun hier die Mechanik von blinden Zufällen? Bringt vielleicht nur unsere Reflexion das Geheimnisvolle, den Sinn hier in Zusammenhänge, die keinen haben? Oder ist hier jene Grenze erreicht, bei der das Forschungsprinzip der modernen Wissenschaft Halt machen muß, das besagt: wir wollen so lange an natürlichen Erklärungen festhalten, als es ohne Zwang möglich ist zur Deutung des Geschehens. Öffnet sich hier das Tor der Metaphysik? Ich wiederhole es: Ich gebe keine Antwort. Denn man kann von vornherein nichts sagen. Fünf Möglichkeiten tun sich auf; man müßte sie durchgehen, um die Zahl der Arbeitshypothesen zu beschränken. Ich habe es noch nicht getan, darum ziemt mir Schweigen.

Naturphilosophen! hier denkt, hier forscht! Eine neue wissenschaftliche Möglichkeit schwebt unausgesprochen in der Luft. Gibt es eine Metapsychik?

Das ist Phantastik, sagen — die Denkfaulen. Ja, Phantastik insofern, als der Forschung Phantasie stets vorauseilen muß, weil sie die Möglichkeiten zu ersinnen hat, die der Verstand an der Wirklichkeit prüft. Ich verlasse sie auch gerne, diese nebelhafte Region, deren Vorhandensein zu zeigen aber die Pflicht des gewissenhaften Führers ist, wenn ihm die Aufgabe zuteil wurde, andere in wissenschaftliches Denken einzuweihen.

Sollen wir zu dem zurückkehren, was man mit der Wage messen, mit dem Mikroskop sehen kann, dann ist unsere Biologie der Pilze zu Ende.

Prüfen wir uns ganz gewissenhaft, was wir gelernt haben, so müssen wir gestehen: Von der Pilze Wesen kennt man erst Bruchstücke, von ihrer Herkunft manches, was sich nicht immer befriedigend reimt. Die Spaltpilze stehen zu den Geißelwesen und zu den Algenpilzen in Beziehungen, die Schleimpilze sind eine vielleicht sehr altertümliche Pflanzengruppe, die mit den übrigen Pilzen wenig

Gemeinsames hat; die Algenpilze aber leiten sich ganz ungezwungen von den verschiedensten Algen ab und entfalteten sich zu einem eigenartig reichen Formenkreis, der mit den Ständerpilzen abbricht auf einem Seitenwege der Entwicklung.

Dieser Seitenzweig ist sogar schon seit sehr langer Zeit unfähig gewesen, Vollkommeneres zu erzeugen, denn befragen wir darum die Urkunden der Erdgeschichte, so vernehmen wir staunend, daß schon aus dem Silur Rhizomorphen, also höchste Formen von Myzelentwicklungen bekannt sind, daß die Farn- und Kalamitenwälder der Triaszeit schon von Sphärien und Baumschwämmen heimgesucht waren wie die heutigen Laubwälder.

Seitdem ist also das Pilzgeschlecht nicht höher gestiegen, und ein so langer Stillstand würde wahrscheinlich einem Volke, das derartig Millionen Jahre seiner Geschichte überschauen könnte, nicht Mut verleihen zur Hoffnung, daß es noch eine Zukunft habe. Unwiderstehlich verlockt ein solcher Aussichtspunkt zu einem Vergleich mit dem glücklicheren Menschenschicksal.

Im Triaszeitalter steckte der Menschenkeim noch erst in Fisch und Saurier, und mühsam erarbeitete sich das erste kleine Beuteltier als Herold neuer Zeiten sein Daseinsrecht. Vom Urbeutler bis Goethe und Edison, als den zwei echten Repräsentanten modernen und modernsten Geistesstrebens, das ist der Weg, den die eine Zellenform zurücklegen konnte!

Und die andere: die Pilzform ist seitdem nicht höher gekommen, nicht vollkommener geworden! Sie steht seitdem stille in ihrer inneren Entfaltung!

Die neue Botanik wird solche vielsagende Parallellen nicht mehr übersehen dürfen. Leuchten sie doch taghell in das Problem, warum das Plasma einmal im dumpfen Triebleben eines Pilzes, wie wir es soeben kennen lernten, stecken blieb, das anderemal aber Geistesgaben sprühte wie sonst kein Stoff auf dieser Erde! Die Umwandlungsfähigkeit der Formen und die Entwicklung der Seele sind unzertrennlich. Und wie ein warnender Finger ist die Einsicht vor uns aufgerichtet: Wenn wir bereit sind, uns neuen Zeitläuften anzupassen und in neue Lebensformen einzugehen, da verbürgt unsere Vergangenheit unsere Zukunft!

Die Pilze wandelten sich nicht; sie blieben in einer Form stecken bis sie erstarrte. Als elende, schwächliche Schmarotzer, hoffnungslos zur niedersten Kaste geworden, spiegeln sie ein Dasein, das jedem Einzelnen und jedem Volke zuteil werden kann, wenn sie nicht Schritt halten mögen mit dem heute so rasch rollenden Rad der Zeiten. . . . .

Auch die Menschen sind nur Wettbewerber um den Fortschritt, und darum sind in einem tiefen Sinne stets alle Jahrhunderte gleichzeitig lebendig. Mit uns leben Völker und Mitbürger, welche die Entwicklungsfähigkeit so verloren haben wie die Pilze. Jeder von uns kennt Menschen der Urzeit, des finstersten Mittelalters und einer fernen Zukunft. Und so, wie die Saurier herrschten zu einer Zeit, da schon Beutelsäuger als bescheidene Träger des verheißungsvollen Neuen lebten, so macht sich heute allenthalben ein Geisteszustand gewalttätig breit, der für einen Mann des 16. Jahrhunderts vielleicht „modern“ zu nennen war. Und die den geistigen Sauriern überlegene höhere Stufe von Menschen lebt bescheiden und bekämpft von jenen. Und dieses geistige „Auseinanderwachsen“ der Volksteile beschleunigt sich!

Man erschrickt vor dem Schauspiel, wenn man Augen dafür hat, aber man beruhigt sich, wenn man es überdenkt. Was das Schicksal der Pilze wies, was der Vergleich mit des Menschen Schicksal lehrte, das ist das Gesetz der Weltgeschichte. Das unabänderliche, aber auch gesunde Gesetz, nach dem der Einsichtige sein Leben richtet und dessen Erkennen ihm gerade in dieser Welt künstlicher und natürlicher Gegensätze zum Segen gereicht. Denn wer darum weiß, muß zu großer Duldsamkeit gelangen, und so wie es ihn nicht aufregt und nicht erschreckt, daß fast unser ganzer Stammbaum vom Infusorium an noch immer mit uns zusammenlebt und daß das Heer der Pilze trotz aller Entwicklung der anderen sich nicht vermindert hat, sondern zäh weiterlebt mit der steten Drohung, ihr häßlich bleiches Nachtalbengeschlecht an Stelle der goldgrünen Sonnenpflanzennatur zu setzen — so duldet er es auch gelassen, daß die Paganen lärmend fordern, keine alte Lebensform dürfe aufgegeben werden. Denn er weiß, wer ihnen folgt, dessen Entwicklungslinie bricht ab. . . . . Und seien sie heute durch die Zahl der Köpfe noch so mächtig, ihr Geschlecht wird doch einst nur der Schmarotzerpilz am Baum des Lebens. Nur wer, neuer Zeiten neu Gebot erfühlend, sich ewig wandelt, wird im Vergänglichen bestehn.

Schriften über das Leben der Pilze:

1. Brefeld, O., Botanische Untersuchungen auf dem Gesamtgebiet der Mykologie. I—XIII. Leipzig und Münster. 1°. 1872—1905. [Modernes Hauptwerk mit zahlreichen Tafeln.]
2. De Bary, A., Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten. Leipzig. 8°. 1866.
3. De Bary, A. Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Mycetozoen und Bakterien. Leipzig. 8°. 1884.
4. Cooke, ɔc., An introduction to the study of microscopic fungi. London 1886. 5. Aufl.
5. Corda, A., Icones fungorum. Prag 1837—54. 6 Bände.
6. Erikson, J. — Henning, E., Die Getreideroste, ihre Geschichte und Natur. Stockholm 1896.
7. Fries, E., Systema mycologicum. Greifswald 1821—29. I—III.
8. Ludwig, F., Lehrbuch der niederen Kryptogamen. Stuttgart. 8°. 1892.
9. Saccardo, Sylloge fungorum omnium hucusque cognitorum. Padua 1882 bis 1906. 18 Bände.
10. Stahl, E., Zur Biologie der Myxomyceten. (Bot. Ztg. 1880.)
11. Tavel, v., E., Vergleichende Morphologie der Pilze. Jena. 8°. 1892.
12. Tulasne, C. und R. L., Selecta fungorum carpologia. Paris 1861—65. (Drei Bände mit prachtvollen Tafeln.)
13. Buillemin, P., Les bases actuelles de la systématique en mycologie. (Progressus Rei botanicae.) 1907.
14. Zopf, W., Die Pilze. Breslau 1890.

Außerdem ist die Literatur sehr vollständig zu finden in

15. G. Lindau — P. Sydow, Thesaurus litteraturae mycologicae et lichenologicae. I. Bd. Berlin 1901.

Allgemeine Handbücher der Pilzkunde sind die entsprechenden Abschnitte in Engler-Prantls Natürl. Pflanzenfamilien, ferner

16. L. Rabenhorsts Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. 2. Aufl. Bd. I. Pilze: Bearbeitet von G. Winter, H. Rehm, A. und E. Fischer, A. Allescher, G. Lindau. (Noch nicht vollständig.) 1880—1908.

Die Pilze der biologischen Technik.

Unter den absonderlichen Dingen, die in den Küchen der Goldmacher und Alchimisten hochgeschätzt und als Magica und Magisteria geheimnisvoll verwahrt wurden, war es namentlich eine, über deren wundersame Eigenschaften kein Spott und Unglaube hinwegkamen. Wenn alles wankte und unzuverlässig war, wenn auch die echte Tinktur, das große Elixier und die güldene Jungfrau den Adepten schmählich im Stiche ließen, an den übernatürlichen, zauberischen Wirkungen der „Faeces vini" ließ sich nicht zweifeln! Die erste Auctoritas, das Corpus Geberi, hatte doch als das echte Kennzeichen des Steines der Weisen verraten, daß er, mit Unedlem gemischt, sein vielfaches Gewicht in Gold verwandeln könne, und stand es nicht auch klar, sowohl im „Triumphwagen des Antimon", als in der „Offenbarung verborgener Handgriffe", so der wackere Basilius Valentinus uns hinterlassen, daß 10—30 Teile unedler Stoffe könnten ein Teil vom Arkanum zum Golde machen? Solches aber wirkt der Satz, der sich aus reinem Traubensaft absetzt, wenn dieser zu goldenem Wein geworden. Füge ein Quentchen davon zu 30 Teilen Most, und schon am nächsten Tage wird er schäumen und gären und gewaltiglich arbeiten und neues Gold des Weines schaffen; er selbst aber vergehet nicht, denn am Grund der Phiole lieget er wieder, so wie es Philatetha und die anderen Magistri gesagt. Probatum est ....

Und sie haben recht behalten, die sonderbaren Dunkelmänner, die mit Redlichkeit auf ihre Weise in der Natur Herz und Samen bringen wollten. Aus den tausend unsinnigen Rezepten haben sie uns ein paar Dutzend wertvoller Präparate hergestellt und, was noch viel wertvoller war, den Geist wissenschaftlichen Forschens haben sie wach erhalten. Die Alchimistenzeit hat die Hefe des Weines für die Wissenschaft wiederentdeckt und die Chemiker, die im 18. und 19. Jahrhundert an die Stelle der Goldmacher des Säkulums vor ihnen traten, haben von ihnen das Problem der Hefe übernommen und nicht geruht und gerastet, bis es seiner Schleier und Geheimnisse entkleidet war.

Ein köstlicher Genuß ist es, auf das Werk solcher Gelehrter zu blicken. Wenn man sich gedemütigt fühlt durch das Niedrige und Gemeine, das so frech grinst auf allen Gassen, wenn man erschreckt ist durch die Barbarei und Hoffnungslosigkeit der mit Blut geschriebenen Weltgeschichte, dann mag man sich zu dieser Geschichte der menschlichen Kultur flüchten, denn sie allein gibt den Glauben an die Menschheit wieder. Man mag sie aufschlagen, wo man will, stets genießt man das erhebende Schauspiel, daß überall, zu allen Zeiten und bei allen Völkern große und uneigennützige Menschen, unbekümmert um das Böse und Gewöhnliche um sie, für die anderen rastlos arbeiten. Sie streuen Samenkörner der Güte, der Weisheit oder der Schönheit aus, die langsam, aber unfehlbar dann auf alle Menschen veredelnd und beglückend wirken. Jede echte Arbeit bleibt im Rollen der Jahrhunderte unverloren, und jeder einzelne Mensch kann Hunderttausenden von Mitmenschen und allen Geschlechtern nach ihm nützen, wenn er ihnen nur auch nützen will. Die Kultur ist eine unmeßbar lange Kette, in der jeder einzelne, der kulturell gearbeitet, ein Kettenglied ist. Man kann seiner vergessen, weil sich die Kette nicht mehr überblicken läßt ob ihrer Länge. Aber daß er da war, merkt man stets, die Kette müßte ja reißen, wenn nur ein Glied, woran die andern hängen, weggenommen wird.

Phantastische und kindliche Spiele bereiten nicht nur das junge Menschenkind vor zu des Mannes Tätigkeit, sondern auch die Menschheit zu ihren höheren Geistesstufen. Man darf also nicht lachen über die Irrtümer der großen Chemiker zu Großvaters Zeiten, weil auch sie ehrlich nach der Wahrheit strebten. Lavoisier, der Chemiker, der seine Wissenschaft von ihren naiven Anfängen zur wirklichen Forschung umschuf, wofür ihm seine Mitwelt damit dankte, daß sie ihn köpfte, hat die mysteriösen Kräfte der „Faeces vini" vom Okkulten mit einem Schlag ins Natürliche gerückt, indem er feststellte, daß diese angebliche Unreinigkeit des Mostes es sei, die dessen Zucker in Alkohol und Kohlensäure verwandle. Er eröffnete freilich damit nur einen neuen Irrweg, indem seine großen Nachfahrer bis Liebig fortan in der ganzen Gärung nichts als nur chemische Umsetzungen sahen.

Dann wieder wußte man es besser durch die Verdienste einiger Naturforscher, die im Jahre 1835 entdeckten, daß die „Hefe" des Weines eine lebende Pflanze, ein winziges, einzelliges Pilzchen sei. Aber sollten wir darob geringer von den Chemikern denken, die nicht umsonst Zöglinge der Alchimisten waren, weil sie, die Hefe einen „Fermentstoff" mit einzigen Eigenschaften ausgestattet nennend, noch immer ein gut Teil des alten Begriffes vom Stein der Weisen am Leben erhielten? Von Irrtum zu Irrtum stolpernd, findet die Wissenschaft die Wahrheit und bedeutet uns, die Größe eines Forschers nicht an seinen Entdeckungen, sondern an der Redlichkeit seines Strebens zu messen.

Die Geschichte der Gärungsforschung mahnt zu solcher Bescheidenheit. Die größten Naturforscher haben der Gärung gleiche Beachtung geschenkt wie die Goldmacher. Gay-Lussac, der berühmte französische Chemiker, Louis Pasteur, sein weltbekannter Volksgenosse, sie haben viele Jahre ihres Lebens diesem Phänomen gewidmet. Wollte man alles wissen, was Menschen über die Gärung geforscht und gedacht haben, man müßte Hunderte von Abhandlungen lesen, und doch steht sie heute noch unergründet, einzig und wundersam da wie vor Jahrhunderten. Wahrlich, die Alchimisten wußten wohl, warum sie das Geheimnis aller Geheimnisse gerade in der Hefe gefunden zu haben glaubten!

Wo steht ihre Erforschung heute? Die Naturforscher Kützing, Schwann u. a. haben Hefe mit dem Mikroskop untersucht und gefunden, sie bestehe aus mikroskopisch kleinen, etwa $^1/_{100}$ mm langen Pilzzellen. Das war allerdings etwas Sicheres. Sie zeigten, daß Gärung nur dann eintritt, wenn diese Zellen in zuckerhaltige Flüssigkeiten geraten. Sie analysierten das Wunderbare, daß die Hefe ein Zehn- und Hundertfaches ihres Gewichtes in Gärung versetzen kann. Sie zeigten, daß, wenn die Hefe um 1 Gramm zunimmt, sie 100 Gramm Zucker zersetzt und zwar 95 Gramm davon in Alkohol und Kohlensäure, 4 Gramm in Bernsteinsäure, Milchsäure und Glyzerin. Pasteur glaubte, diese wahre Fernwirkung beruhe darauf, daß der Hefepilz dem Zucker das Oxygen entziehe. Man zeigte aber später, daß dies falsch sei, daß vielmehr in der Hefezelle ein gewisser Stoff da sei, der, ohne sich zu ändern, solche Fernwirkungen auf große Mengen anderer Stoffe ausüben könne und deren Zerfall verursache. Und man gab diesem Stoff den Namen Ferment oder Enzym.

Das Jahr 1897 brachte eine Entdeckung, von der man sich einen völligen Wechsel der Anschauungen erhoffte. Der Münchener Chemiker Ed. Buchner fand, daß auch

zerriebene Hefe Gärungswirkungen hervorbringt. Er konnte solche auf das feinste filtrieren, zentrifugieren, lange aufbewahren, erhitzen, den aus der Hefe gewonnenen Preßsaft fällen, die getötete Hefe mit Glyzerin und Wasser ausziehen und damit fürwahr gründlich dem gegen ihn erhobenen Einwand begegnen, daß in seinem Material noch Plasmasplitter vorhanden wären. Trotz aller dieser Manipulationen aber erhielt er Gärwirkungen. Mit großem Vergnügen verkündeten jene, die das Leben materialistisch erklären wollen, daß hiermit ein Anhaltspunkt gewonnen sei, um eine bisher für unzertrennlich vom Leben gehaltene Erscheinung rein chemisch zu erklären. Und zwar auf folgende Art: in der Hefezelle stecke ein Enzym, das Buchner Zymase nennt, das neuerdings aber als Alkoholase bezeichnet wird. Dieses Enzym wirke in „lebendiger" Weise.

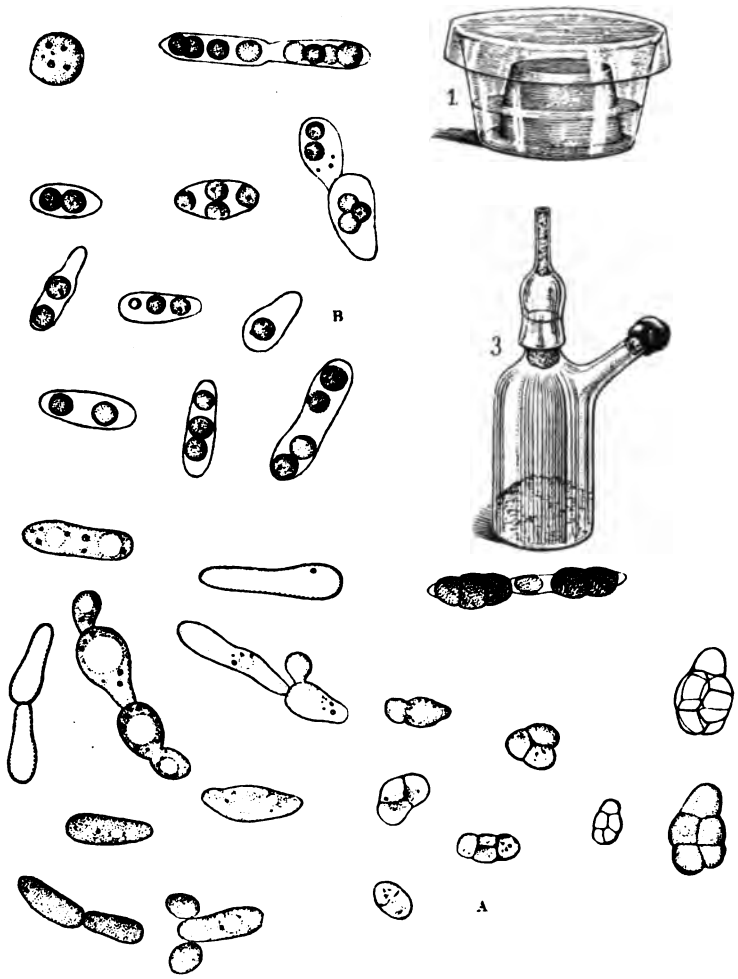
Man ist damit auf die rein chemisch-alchimistische alte Erklärungsart zurückgegangen, wenn man sagt, es gebe einen Stoff, der das macht, was wir erklären sollen. Denn ob man diesen Stoff nun einen roten Löwen, Faeces, Ferment oder Alkoholase nennt, das ist wirklich nur Sache des Übereinkommens. Die Alkoholase, bezw. der eingetrocknete Hefepreßsaft arbeitet am besten bei 25—30° und verliert nach Buchner die Gärkraft in drei Wochen; trockenes Hefepulver behält sie auch nicht länger als acht Wochen. Plasmagifte, wie Sublimat, Karbolsäure, töten sie. Sie ist ein Erzeugnis der lebenden Hefezelle, so wie das Enzym des Magens oder der Bauchspeicheldrüse ein Produkt lebender Zellen ist. Das sind die wichtigsten heutigen Kenntnisse von der Gärung.

Denken wir ein wenig über sie nach, so findet sich, daß damit einfache Beschreibungen, aber keine Erklärungen gewonnen sind. Erklärung wäre es, wenn man sagen könnte, warum die Hefezelle dieses Enzym abscheidet, das als wasserlöslicher Stoff an viele Stellen hingelangen kann, die der Plasmazelle nicht zugänglich sind? Eine solche Fragestellung fällt aber außerhalb des Gesichtskreises der Chemie; sie ist vielmehr eine botanisch-physiologische. Mit anderen Worten: die Gärung kann nicht rein chemisch, sondern sie muß als eine Lebenserscheinung auch mit Zuhilfenahme der Kenntnisse der Botanik betrachtet werden. Nur dann kann man sich Hoffnung auf ihre Erklärung machen. Unsere Frage hat sich damit in folgende umgekleidet: Was hat die Botanik von den Hefepilzen und ihrem Leben erforscht?

Selbstverständlich hat eine Pflanze, die für eine der mächtigsten Industrien, nämlich das Gärungsgewerbe, das Zehntausende von Menschen beschäftigt und in dem auf dem Erdenrund Milliarden an Kapital angelegt sind, von so ausschlaggebender Bedeutung ist, die größte Beachtung gefunden. Es mögen wohl mehrere Tausend Schriften über sie existieren; in besonderen gärungstechnischen Instituten wird sie studiert, in zahllosen Brauereilaboratorien gezüchtet, in Brauerakademien sind ihr besondere Lehrgegenstände gewidmet; kurz, der winzige Hefepilz ist mit Recht nächst Getreide, Zuckerrübe und Kartoffel wohl diejenige Pflanze, der die Menschheit am meisten Interesse entgegenbringt.

Die systematische Botanik hat sich (wie wir schon wissen) geeinigt, den Hefepilz als eine einzellige Pflanze aus der Gruppe der Urschlauchpilze (Hemiascales) zu betrachten. Sie gründet dieses Urteil darauf, daß Hefepilze gewöhnlich kein Myzel bilden, sondern als einzellebende oder durch Sprossung in kettenförmiger Verbindung

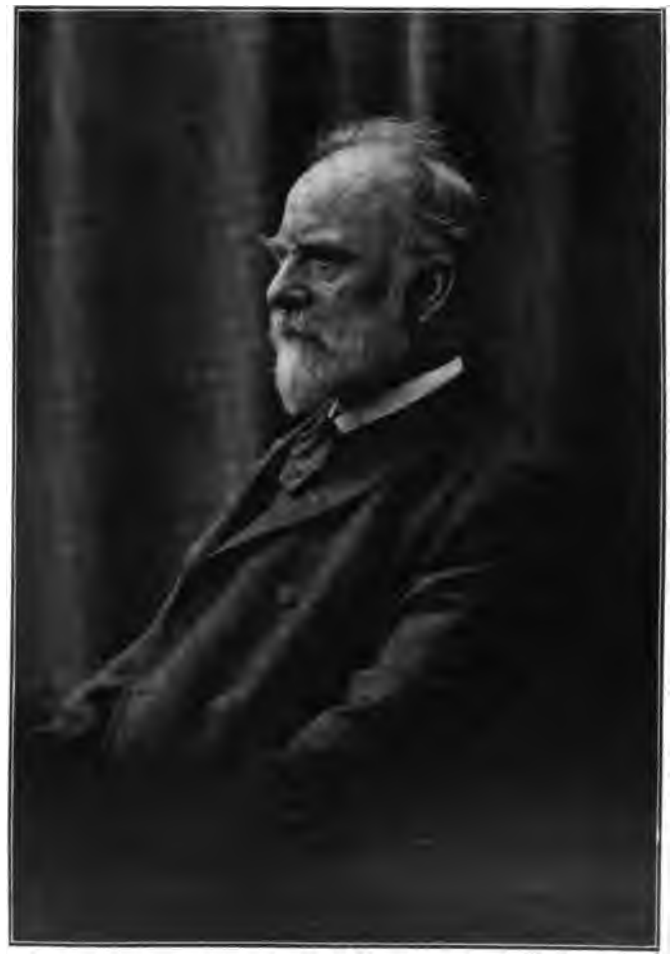
bleibende und sich vermehrende Zellen dahinleben. Diese einfache Wuchsform gibt das Recht, sie ganz an den Anfang des Pilzsystems zu setzen. Eine eigentümliche Vermehrungsart, die dann eintritt, wenn die Pilze ihre Nahrungsstoffe verbraucht haben, bestimmt jedoch ihren Platz im System in der Gruppe der Schlauchpilze. Sie erzeugen nämlich sehr einfache Schlauchsporen (Endosporen, Askosporen). Man tut gut daran, dies selbst zu beobachten. Als sehr einfach empfehle ich dazu folgendes Verfahren: Man gießt sich kleine Gipsblöckchen und läßt gleichzeitig ein wenig der überall käuflichen Preßhefe sich kräftig vermehren, indem man sie in Zuckerwasser bringt. Von der schäumenden Oberhefe streicht man nach einigen Tagen ein wenig auf das Gipsblöckchen, das man in ein Gefäß mit Wasser so einstellt, wie es nebenstehend abgebildet ist. Wenn man reinlich gearbeitet hat und die Sache im warmen Zimmer macht, hat man schon nach etwa 24 Stunden das Vergnügen, die Askosporenbildung zu beobachten und sich selbst zu überzeugen, daß der Hefepilz ein sehr einfacher Schlauchpilz sei.



1 = Gipsblöckchen zur Erzeugung der Endosporen. 2 = Verschiedene Wuchsformen (A) und Endosporen (B). 3 = Hansensches Kölbchen zur Versendung von Reinzuchthefe.
(Fig. 2 = Original des Verfassers. 1 und 3 = nach Lafar.)

Nun hat man aber an dieser scheinbar zweifellosen Sache in den letzten Jahrzehnten sehr viel Kritik geübt. Kein geringerer als der größte deutsche Pilzforscher, Prof. Brefeld, glaubt nicht an die Selbständigkeit der Hefen und um es begreiflich zu machen, auf welche Gründe er sich hierbei stützt, bitte ich, sich an die Pleomorphie der Pilze zu erinnern und noch einmal aus dem biologischen Abschnitt das nachzulesen,

was über die Nebenfruktifikationen gesagt wurde. Zumal das Bild von Dematium bitte ich auch noch einmal zu betrachten. Brefeld hält besonders die Brandpilze für die „Mutter" der Hefen und er kann sich ja wirklich darauf berufen, daß diese unter geeigneten Verhältnissen endlose Sproßfolgen hervorbringen, die von dem Saccharomyces-Pilz — wie man die Hefe lateinisch genannt hat — in keiner Weise unterschieden werden können. Brefeld ist durchaus nicht vereinzelt geblieben.* Schon Pasteur hat ähnliche Gedanken ausgesprochen, und Japaner, die neuerdings sehr eifrig naturwissenschaftlich forschen, haben behauptet, daß der Aspergillus-Schimmelpilz, ohne den sie ihr zwischen Bier und Wein stehendes Nationalgetränk Saké nicht brauen können, ebenfalls Hefenzellen entwickle. Auf der anderen Seite stehen nicht minder berühmte Namen der Pilz- und Hefekunde, wie De Bary, Al. Reeß und namentlich E. Hansen, von dessen Verdiensten gleich die Rede sein wird.



Professor E. Hansen.

Es fragt sich bei solchem deshalb erfreulichen Streite, weil aus ihm die Fortschritte des Wissens hervorgehen: Wie läßt sich denn die Frage überhaupt entscheiden? Im gegebenen Fall wohl dadurch, daß man Reinkulturen anlegt. Wenn man eine einzelne Hefezelle unter Ausschluß aller übrigen Organismen so zu erziehen vermag, daß man ihren ganzen Lebenslauf durch Generationen hindurch kontrollieren kann — dann hat man wohl das Recht zu behaupten, sie sei — wenigstens jetzt — eine selbständige Pflanze. Nicht widerlegt ist damit freilich der Gegeneinwurf, daß die Hefe ursprünglich doch nur eine Konidienfruktifikation anderer Pilze war.

* Auf seiner Seite stehen z. B. Alfr. Jörgensen, Harz, J. J. Juhler, Sorel, J. Omori u. a., neuerdings besonders Viala und Pacottet in Frankreich.

Emil Christian Hansen, ein dänischer Naturforscher, dem die Alt-Karlsberg-Brauereien bei Kopenhagen ein prächtig ausgestattetes Laboratorium zum Studium der Hefe errichteten, das gegenwärtig einfach der Mittelpunkt der ganzen Gärungswissenschaft ist, hat diesen Weg beschritten und eine ähnliche Methode der Hefenreinkultur ausgebildet, wie sie seitens der Ärzte für Bakterien üblich ist.

Damit wurden viele wissenschaftliche und noch mehr praktisch unbezahlbare Einsichten gewonnen, von denen nun der Kern dargestellt werden soll.

Hansen erfand ein Verfahren, aus einer Hefezelle eine Zucht derart anzulegen, wie man Schafe züchtet oder Getreidearten. Er machte dadurch den Hefepilz zu einer Hauspflanze im ganzen Sinn des Wortes und erhob die recht urwüchsige Technik der Bierbrauer früherer Zeiten zu einer wissenschaftlichen Kunst von solcher Vollendung, daß wir heute den Geschmack der Biere und Weine (das Bouquet) nach Belieben, sozusagen mechanisch herstellen, mindestens ihn verbessern können.

Diese Reinzuchttechnik kann hier natürlich nicht dargestellt werden; sie wird auch nicht aus Büchern, sondern praktisch erlernt. Im Wesen besteht sie aus Überimpfungen der Hefeprobe, mit der man arbeitet, auf Gelatine, die mit Bierwürze, bezw. Most so versetzt wird, wie es der Bakteriologe bei seinen Kulturen gewöhnt ist. Winzige Plattenkulturen gestatten dann, aus den Sproßhaufen Einzelzellen abseits zu bringen, die man sich vermehren läßt und immer wieder mit größter Sorgfalt auf frische Nährböden abimpft.

Schließlich wird die Reinzucht in einer schwachen Saccharoselösung in eigens dazu angefertigten Kölbchen (Bild S. 360) aufbewahrt. In jedem gärungstechnischen Laboratorium sieht man ein ganzes lebendes Herbarium der verschiedensten Sproßpilze, die von da aus an Brauereien und Weinkellereien abgegeben werden und sich bei gehöriger Behandlung viele Jahre lang lebendig erhalten.

Man braucht davon, angesichts der ungeheuren Vermehrungskraft der Sproßpilze, ohnedies nur ein Quentchen, um auch das größte Bedürfnis zu decken. Bei 25—28° C sproßt Hefe so rasch, daß sich jede Zelle schon binnen zwei Stunden verdoppelt. Aus einer Zelle werden also in einem Tag 4096 Zellen — und das übrige möge man sich dann ausrechnen.

Nun hat die Wissenschaft dieses ausgezeichnet durchgebildete Reinzuchtverfahren auch für die sie so mächtig interessierende Frage nach der Abstammung der Hefen benützen können. Es ergab sich, daß die Hefe in der Kultur immer nur Hefe bleibt. Man hat bei gewissen Hefearten eine Art Kopulation vor der Sporenbildung gefunden; auch dieser Anklang an Geschlechtsvorgänge deutet nicht darauf, daß die Hefe nur eine Nebenfrucht anderer Pilze sei.

Gut, sagen die Vertreter der letzteren Ansicht, im Laboratorium sind gleichbleibende Verhältnisse, unter denen auch die Brandhefen, d. h. die von Brandpilzen gewonnenen Sproßformen ewig und immer nur sprossen. Wie ist's aber damit in der Natur? Und sie haben Recht; bevor dies nicht entschieden war, durfte man in der Frage nicht urteilen.

Hansen hat auch den Kreislauf der Hefen in der Natur erforscht. Das war, auch abgesehen von dieser Streitfrage, von großem Interesse. Der Most gährt von selbst, auch ohne daß man ihn mit Hefe versetzt. Der Hefepilz fliegt also wohl in der Luft mit dem Staub. Woher kommt er? Wo lebte er, bevor die Menschen Most und

Bier bereiteten? Auf alles gab Hansen Antwort. Der Hefepilz lebt im Sommer und Herbst auf den süßen, saftigen Obstfrüchten; besonders wenn sie von Wespen und Vögeln angebissen sind, vermehrt er sich in ihrem Saft massenhaft. Auf den Trauben ist er daher stets vorhanden. Der Wind verweht ihn, Fliegen und andere Insekten, die Früchte besuchen, verschleppen die Zellchen, der Regen wäscht sie ab und sie gelangen in den Erdboden, wo sie den Winter und das Frühjahr zubringen. Wenn die Erde dann austrocknet, hebt der Wind die Hefe mit den Staubwolken und läßt sie wieder auf die Früchte gelangen. Italienische Naturforscher haben die Ansicht ausgesprochen, daß in ihrem Vaterland nicht die Erde, sondern der Körper der Fliegen der eigentliche Winteraufenthalt der kleinen Hauspflanze sei und das ist noch bis heute strittig geblieben. Soviel ist jedoch sicher, daß die Hefe auch eine wildwachsende Pflanze ist, die sich an Früchte sowie an Tiere anhängt und zur „Flora des Staubes" gehört. Sie kann also mit Leichtigkeit in alle zuckerhaltige Flüssigkeiten gelangen, so daß die allgemeine Verbreitung der Gärungserscheinungen ihrer natürlichen Erklärung nicht ermangelt. Ein Stück mittelalterlicher Phantasie war dadurch aus der Welt geschafft — aber die Frage der Selbständigkeit der Hefe noch immer nicht entschieden.

Sie ist es bis heute nicht, und jeder kann seine Stellung dazu wählen. Ich möchte die meine in den Satz fassen: Höchst wahrscheinlich ist der Hefepilz eine selbständige Pflanze, was aber gar nicht so besonders wichtig ist, angesichts seiner sehr nützlichen Eigenschaft, unter geeigneten Umständen Gärungsenzyme herzustellen.

Unwichtig erscheint mir auch die Entdeckung, daß die Zellen dieses Pilzes einen Zellkern haben, daß ihr Protoplasma, so wie das anderer Zellen, einen sehr feinen Bau aufweist und dergleichen Einzelheiten mehr, die einen ziemlich breiten Raum in der Gärungswissenschaft einnehmen.

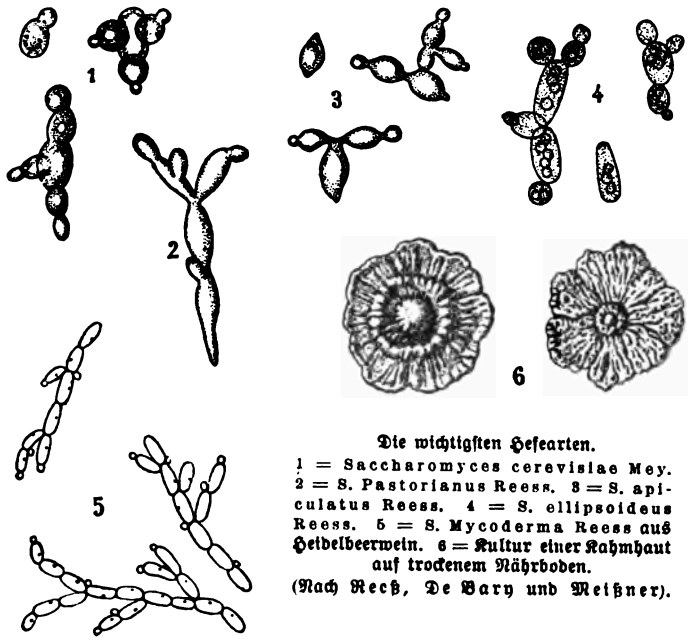
Wenn wir diesen Abriß der Hefepilzkunde noch einmal überdenken, sehen wir also, daß die Botaniker bei weitem glücklicher geforscht haben als die Chemiker, denn sie haben wenigstens der Praxis Mittel an die Hand gegeben, um alle Gärungsprodukte zu verbessern.

Die eigentlich wissenschaftliche Frage, wie sie sich bereits hellsichtige Köpfe des Altertums vorlegten: was ist die Gärung? oder ins Biologische übersetzt: warum bilden die Hefepilze die Alkoholase? — sie ist jedoch nicht befriedigend beantwortet und wird erst jetzt ernstlich studiert. Soviel ist sicher, der Alkohol schädigt auch die Lebenstätigkeit der Zellen, die ihn erzeugen. In gärenden Spiritusmaischen, wie sie der Spiritusfabrikant anlegt, vermehren sich die Hefezellen nur noch träge, schon wenn sie etwa 2 Vol. % Alkohol erzeugt haben. Bei etwa 6 % Alkohol erlischt oft ihre Tätigkeit* und sie wandeln sich in Dauerzellen um, die wie tot zu Boden sinken. Erst unter günstigeren Umständen leben sie wieder auf und treiben Sproßzellen, die von neuem gärungsfähig sind. Da es sonst keine Pflanze und keine Tiere gibt, die in einer zum fünfzehnten bis zum vierten Teil aus Weingeist bestehenden Flüssigkeit leben können, hat dies auf die

* Die einzelnen Rassen sind verschieden; es gibt Hefepilze, die noch 12,5—20 und 24 % Alkohol vertragen, wie Prof. H. Müller-Thurgau gezeigt hat. Bei einer in Westindien auftretenden Rumkrankheit hat man übrigens nach C. Wehmer einen Pilz (Coleothrix methystes) gefunden, der im 73—77 % alkoholhaltigen Rum lebt!

Vermutung gebracht, ob der Hefepilz den Alkohol nicht vielleicht als „Kampfstoff", d. h. als Schutzmittel ausscheidet, um sich seinen Nährboden von Mitbewerbern frei zu erhalten? Prof. Wortmann in Geisenheim hat eine solche ökologische, richtiger psychistische Theorie der Gärung aufgestellt, und wenn sie auch noch nicht allgemein durchgedrungen ist, so wenden sich ihr doch sichtlich die Forscher zu. Und sie ist wirklich die einzige, das biologische Denken völlig befriedigende Ansicht.

Der Hefepilz wehrt sich als lebendes Wesen ebensogut gegen die Konkurrenz, wie alle Pflanzen und Tiere. Ihm stehen Enzyme zur Verfügung, welche andere Pilze abschrecken, so wie sich zwei entgegenwachsende Pilzmyzelien gegenseitig durch Enzyme im Schach halten. Nur wendet er sein Mittelchen schablonenhaft und automatisch an, gemäß dem niedrigen Grade des seine Tätigkeiten regulierenden Faktors, und produziert solange Weingeist und Kohlensäure, bis er sich selbst vergiftet, so wie das auch der menschliche Körper tut, wenn man die durch die Haut ausgeschiedenen Selbstgifte nicht ständig entfernt.



Die wichtigsten Hefearten.
1 = Saccharomyces cerevisiae Mey. 2 = S. Pastorianus Reess. 3 = S. apiculatus Reess. 4 = S. ellipsoideus Reess. 5 = S. Mycoderma Reess aus Heidelbeerwein. 6 = Kultur einer Kahmhaut auf trockenem Nährboden.
(Nach Reeß, De Bary und Meißner).

Und nun entscheide man sich, ob man noch ferner die Gärung für ein „rein chemisches Problem" hält? Ob man in der Entdeckung der Alkoholase wirklich den Beginn einer die Gärungstheorie umstürzenden neuen Epoche sehen muß, wie vielfach versichert wird, oder ob nicht auch hier die letzten Antworten in der Aktivität des Lebens gegeben sind?

Wenden wir uns nun dem zu, was der Mensch mit diesen wissenschaftlichen Einsichten geschaffen hat! Indem er lernte, die Hefepilze rein zu züchten, hat er eine große Zahl von Formen isolieren können, die sich in ihren Eigenschaften von einander unterscheiden. Botanische Arten kennt man allerdings nur verhältnismäßig wenige, im ganzen etwa 40. Am wichtigsten davon ist die Bierhefe, Saccharomyces cerevisiae Meyen, der Erreger der Gärungen, von denen man bei der Bierbereitung, der Branntweinbrennerei und in der Bäckerei Gebrauch macht. Die zweitwichtigste Art ist die Weinhefe (S. ellipsoideus Bees), die das Ferment der Weingärung liefert. Auch bei der Bereitung von Kirschen-, Pflaumen- und anderen Obstbranntweinen kommt sie in Betracht, ebenso wie S. apiculatus Reess, das regelmäßig der reichen Pilzflora reifer Früchte angehört.

Alle übrigen Hefearten sind weniger wichtig. S. Pastorianus Rees verursacht Trübungen des Bieres. Der Kahmpilz (S. Mycoderma Reess) erzeugt die vielgefältelten Häute, die auf sauren Gurken, aber auch auf offenstehendem Bier und Wein jedermann bekannt sind. S. apiculatus Reess ist der Hefepilz, dessen man sich bei der Obstweinbereitung bedient. S. albicans (Rob.) Reess (gemeinhin Oidium albicans genannt) ist das Pilzchen, das bei Mensch und Tier die bekannten unappetitlichen Geschwüre der Mundschleimhaut verursacht, die man Schwämmchen oder Soor nennt.

Das wäre so das Abc der systematischen Hefenkunde, mit dem man allerdings noch kein Gärungstechniker werden kann, da z. B. schon die Bierhefe allein für den Praktiker nur der Sammelname für zahlreiche Arten ist, die nach den Laboratorien, wo sie gezüchtet werden, und nach der technischen Verwendung als Hefe Carlsberg, Hefe Frohberg, Hefe Saaz, Carlsberg Unterhefe No. 1 und ff., Hefe Logos oder gar nur mit Nummern aus den lebenden Herbarien der betreffenden Brauereien bezeichnet werden. Außerdem ist die Hefekunde, in der neben Hansen besonders der Münchener Prof. H. Will sich viele Verdienste erwarb, längst dazu übergegangen, die alte Gattung Saccharomyces in fast ein Dutzend Gattungen, wie Zygosaccharomyces, Saccharomycopsis, Willia, Hansenia, Pichia, Monospora usw. und allerlei Untergruppen zu zerlegen, so daß heutzutage der Botaniker den Gärungstechniker gar nicht mehr versteht und umgekehrt. Es sind da Verhältnisse entstanden, wie in der gärtnerischen Blumenzucht, die auch alle Gesetze wissenschaftlicher Unterscheidung und Namengebung überspringt.

Das ist aber dem Praktiker gleichgültig und mit Recht. Ihm kommt es darauf an, daß die Hefe mit der den Pilzen eigenen feinen Reaktionsfähigkeit auf chemische Reize in reicher Zahl biologische Rassen bilde, weil solche sehr verschiedene chemische Gärprodukte liefern, ferner daß er es durch die Reinzucht in der Hand habe, diese Rassen nach Belieben zu kultivieren, bessere Rassen zu erzielen, um durch sie den Geschmack von Bier und Wein nach Wunsch zu beeinflussen und haltbarere Produkte herzustellen, was besonders in heißen Ländern von Wert ist.

Was das konsumierende Publikum schätzt, den Pilsenergeschmack oder den Geschmack der Münchener Biere, das eigene Bouquet der Rhein- und Moselweine, des Böslauers oder der ungarischen Weine, die besonderen Qualitäten von Berliner Weißbier, Leipziger Gose oder des Lichtenhainer Bieres, das war vor der Entdeckung der Hefereinzuchten mehr oder minder Sache des Zufalles — ist aber jetzt, besonders bei Bieren, immerhin leichter und sicher zu erzielen, wenn man sich die entsprechende Heferasse in Reinzucht kommen läßt und verwendet.

Früher, als man nur „wilde Hefen“ verwandte, war es für den Fabrikanten immer eine bange Frage: wie wird mir dieses Jahr mein Bräu geraten? Aufs Geratewohl war man unkontrollierbaren Einflüssen preisgegeben; wohl ahnte man, daß in der Qualität der Hefe das Glück des Brauers liege, darum war sie das hochgeschätzte Kleinod der Brauereien und man tauschte das Bierzeug unter großen Vorsichtsmaßregeln. Aber stets war man in der Angst, daß sie mit Bakterien verunreinigt werden könnte; aus ganz unfaßbaren Ursachen brachen Krankheiten des Bieres und der Weine aus: Sauerwerden, Trübungen, Fadenziehen, Nachgärungen, denen man wie einem Fatum

machtlos gegenüber stand. Das ist jetzt anders geworden. Mit Bewunderung und hoher Achtung vor dem Wirken dieser aufs Praktische gerichteten Forscher wird man erfüllt, wenn man den Betrieb eines modernen Brauereilaboratoriums besichtigt. Mit wissenschaftlicher Genauigkeit wird dort Zucht um Zucht geprüft und reingehalten von wilden Hefen. Man hat Methoden ersonnen, um sofort Edelhefe von Eindringlingen unterscheiden zu können. Man verwendet dazu die Endosporenbildung, ausgehend von der Erfahrung, daß bei einer gewissen Temperatur die wilde Hefe früher Sporen erzeugt

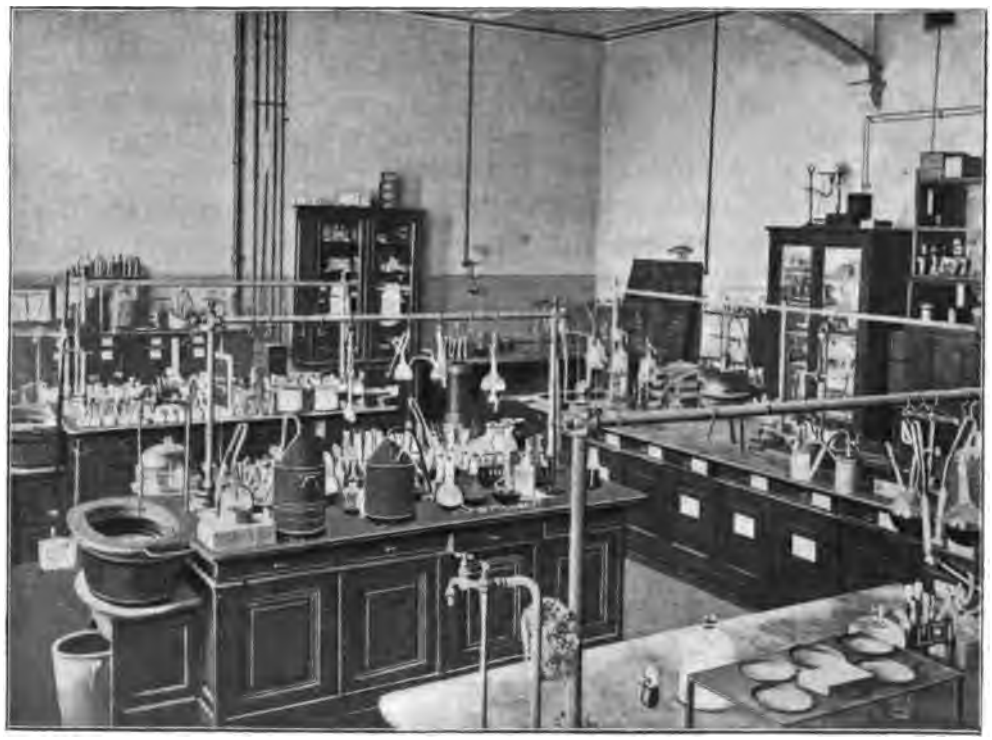
Großer Reinzuchtapparat. (Nach Lindner.) — Kupferzylinder zur Aufbewahrung steriler Bierwürze. — Gas- und Sterilisierzylinder des Hansen-Kühleschen Steinzuchtapparates.

Hefenreinzuchtraum der Versuchsbrauerei im Institut für Gärungsgewerbe und Stärkefabrikation, Berlin N. 65. (Nach einer von dem Institut zur Verfügung gestellten Abbildung.)

als die Kulturhefe. Man hat dort die Gesetze der Variabilität dieser Kulturhefe erforscht und damit teilgenommen an dem theoretischen Ausbau der großen Entwicklungsprobleme, denn man hat durch Einwirkung hoher Temperatur unmittelbare Änderungen der Eigenschaften, also direkte Anpassungen der Hefe künstlich hervorrufen können. Diese Eigenschaften haben sich in der weiteren Zucht erhalten, sie haben sich vererbt, und damit hat die botanische Technik den ersten von der Wissenschaft so heiß gesuchten, unanzweifelbaren Fall von Vererbung erworbener Eigenschaften sichergestellt. Sie hat dadurch zugleich gezeigt, daß die Artenbildung nicht durch Auslese vor sich geht, sondern durch mutationsartige direkte Anpassungen, also durch die Selbsttätigkeit des Organismus.

So hat die angewandte Wissenschaft die Menschheit wieder in mehr als einer Beziehung zum Beherrscher der Natur gemacht, Millionen an Verbrauchswerten geschaffen und zugleich die reine Wissenschaft und in ihr auch das Höchste: das wissenschaftliche Denken angeregt und mächtig gefördert.

Die Alkoholindustrie, von deren Produkten nur für Wein, Bier und Branntwein in Deutschland allein jährlich 2826 Millionen Mark, also dreimal so viel wie für Heer und Flotte und siebenmal so viel, wie für die öffentlichen Volksschulen ausgegeben werden, ist heute einer der mächtigsten Faktoren unserer Volkswirtschaft und damit des öffentlichen Lebens, worüber ja der Menschenfreund anders urteilt wie der Volkswirt,



Botanisches Laboratorium
der Abteilung für Reinkultur des Instituts für Gärungsgewerbe und Stärkefabrikation, Berlin N. 65.
(Nach einer von dem Institut zur Verfügung gestellten Abbildung.)

der bloß Zahlen betrachtet. Doch auch sie erschöpft nur die eine Hälfte der wirtschaftlichen Bedeutung der mächtigen Hefepilze. Man unterschätzt es gewöhnlich, daß Hefe, allerdings in Gesellschaft von Bakterien, auch unentbehrlich ist für das tägliche Brot, und daß sie diese Bedeutung nie verlieren wird, wie das mit dem sittlichen Fortschritt der Menschheit bezüglich der Alkoholindustrie unvermeidbar ist.

Nur mit Hilfe des Hefepilzes entsteht poröses Brot. Und was wir Sauerteig nennen, ist ein Gemenge von Bierhefe und Milch, sowie Essigsäurebakterien. Der Bäcker rechnet natürlich nicht auf die Weingeist- sondern auf die Kohlensäureerzeugung. Kohlensäure durchsetzt den Teig in der Wärme mit den Blasen, ohne die Brot und Kuchen fast ungenießbar wären. Die Bäuerin, deren überaus schmackhaftes

Schwarzbrot wir Städter höher schätzen als sie selbst, verwendet unreine, mit Bakterien vermengte Hefen; der auf sein Weißbrot stolze Stadtbäcker arbeitet nur noch mit der käuflichen Preßhefe, die ja bekanntlich zu diesem Zweck in eigenen Fabriken auf Roggen- und Malzschrot im Großen gezüchtet wird. Der Preßhefefabrikant benutzt dabei die Eigenschaft des an das Luftleben gewöhnten Pilzchens, daß es langandauernde und hochgradige Trockenheit erträgt; er preßt die Hefenmassen und bringt sie in den lufttrockenen Zustand, in dem man sie bei jedem Krämer erhält.

Bäcker und Brauer sind also gewissermaßen Gegenfüßler. Der eine tötet die Hefe durch das Backen des Brotes, nachdem sie ihren Dienst getan hat, der andere züchtet sie mit Fleiß. Der erste will von ihrem Alkohol nichts wissen, den der andere noch immer, gemäß dem Wunsche seiner Abnehmer, im Biere läßt, obzwar man ganz leicht, so wie das Brot alkoholfrei ist, auch alkoholfreies Bier (und ebensolche Weine) herstellen kann und — namentlich in Schweden, wo die Reform des Genußlebens schon ganz andere Fortschritte machte wie in Deutschland — auch herstellt.

Aus all dem mag man sich nun selbst eine Vorlesung für die Hausfrau zurechtmachen, um ihr wissenschaftlich zu erklären, weshalb Sauerteig zum Kuchenbacken gehört, warum er eingeknetet werden muß; warum ferner das „angemachte Mehl" im Warmen über Nacht stehen soll, warum der Teig „aufgeht" und warum er, nicht gut durchgebacken oder allzufrisch verzehrt, unbekömmlich ist. Und schließlich mag man sich den Beweis führen, ob die vielangepriesenen Backpulver, die bloß auf chemischem Wege Kohlensäure entwickeln, wirklich den Wettbewerb mit Hefe aufnehmen können?

Viel zu wenig beachtet ist auch die überaus wichtige Tätigkeit, die dem Hefepilz bei der Spiritusfabrikation zukommt. Die etwa halbe Milliarde von Litern Spiritus, die man in Deutschland jährlich hauptsächlich aus Kartoffeln gewinnt, wird ja zum Glück nicht ganz vertrunken, obzwar der Staat aus der Branntweinsteuer im Jahre 1905/06 immerhin 117½ Millionen Mark einnahm, sondern sie wird etwa zur Hälfte zu Industrie- Leucht- und Heizzwecken verbraucht.* Das gibt wieder tausend und abertausend Menschen eine Existenzmöglichkeit gerade in dem armen und unwirtlichen Teil der Länder, wo der Boden nur das Brot des armen Mannes trägt. Freilich grinst das Gespenst des Schnapsteufels zu diesem Segen, denn gerade in Ostelbien und den slavischen Kartoffelländern gehört zur Kartoffelmahlzeit doch auch das Gläschen Schnaps.....

Das wissen wir alle. Um so weniger bekannt ist es, wie Schnaps, d. h. wie Spiritus aus Kartoffeln gemacht wird! Wenn schon die Naturtatsachen fast unbekannt sind für die Menge, die Wunder der Technik sind ihr noch fremder. Darum wage ich es, diesen Abriß der Gärungspilze mit einem Blick auf die Spiritusbrennerei zu erweitern, da sie am lehrreichsten zeigt, in welch prächtigen Verkettungen der Menschengeist die biologische Spezialität der Pilze zu nützen weiß.

Der Schnapsbrenner kocht aus den Kartoffeln die Stärke aus und versetzt sie mit Malz und Wasser. Dadurch gewinnt er seine zuckerreiche Maische. Daran hat er nun in großer Menge den Stoff, an dem die Hefe ihre Kunst üben kann. Ihm kommt es natürlich darauf an, die Gärung so zu leiten, daß möglichst viel Alkohol entstehe.

---

* Im Jahre 1901/02 wurden 424 Millionen Liter Spiritus erzeugt. Davon hat man 238 Millionen vertrunken, 22 Millionen exportiert und den Rest unserer Industrie zugeführt.

Er wählt also die für Alkohol und Milchsäure unempfindlichsten Rassen. Schließlich wird dann die vergorene, etwa 9—10 % Alkohol führende Maische destilliert, und damit ist das Rohmaterial des Industriezweiges: der Kartoffelspiritus fertig.

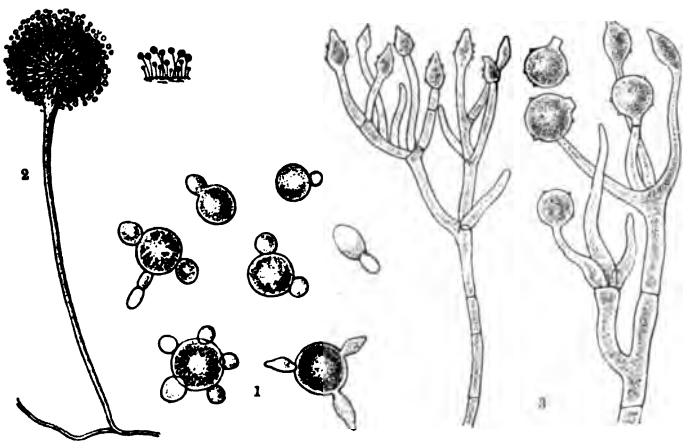
Millionen und aber Millionen wirft uns so die winzigste aller Hauspflanzen in den Schoß, aber die Genugtuung darüber wird vergällt durch den Gedanken, daß der erste, der ihre gewaltige Macht entdeckte, auch die Büchse der Pandora geöffnet und auf Jahrtausende alle Dämonen losgelassen hat, die auf der Nachtseite der Menschennatur hausen. Heftig schwankt darum die Wage des Urteils. Wer mag richten, wer kann sagen, ob das Licht die Schatten überwiege?

Das naive Altertum hat freilich Götter und Heroen, hat Osiris, Noah und Dionysos gepriesen ob der Erfindung des Weines, und damit hat es verraten, als welche Göttergabe sie ihn schätzte. Unsere Zeit ist jedoch nüchterner. Wer mag ihr das auch verdenken, wenn sie doch in das Schuldbuch des Alkohols einschreiben muß, daß in Deutschland jährlich 120 000 Menschen verurteilt werden wegen Vergehen, die in der Trunkenheit begangen wurden, daß 54 % der schweren Körperverletzungen, 77 % der Gewalttätigkeiten gegen Sicherheitsbehörden von Betrunkenen verübt werden! Wenn die Irrenärzte versichern, daß mehr als die Hälfte der Insassen unserer Irrenanstalten Gewohnheitstrinker sind! Grausam zerstört sie die Poesie der bacchischen Dichter, daß nur ein Gott uns mit solchem Geschenk begnadet haben könne, denn sie verweist uns auf die Tierwelt, die natürlichen Branntwein auch entdeckt hat und mit niederem Instinkt ihn ebenso mißbraucht wie der Mensch. Wilde Hefen erzeugen im Zuckersaft angebissener Kirschen eine Gärung, die Tropfen eines alkoholreichen Obstweines hervorbringt, und man braucht nicht lange zu suchen, um an solchen Schankstätten der Natur berauschte Wespen zu sehen, die leidenschaftlich gerne zechen, bis sie in die schwere Betäubung verfallen, die den höchsten Grad des Rausches kennzeichnet.

Diese zufällige Entdeckung ist das Symbol der wahren Urgeschichte unserer Gärungsindustrie. Es ist kein Zweifel: zufällig hat der Mensch diesen Schatz an Erfahrung gewonnen, der ihm, je nachdem er ihn zu brauchen weiß, zur Herrschaft über die Erde verhilft oder ihn zurückschleudert zum dumpfen Triebleben des Untermenschlichen.

In diesen ganz großen kulturgeschichtlichen Hintergründen der Alkoholfrage erfaßt man am besten die weltumfassende Bedeutung des Hefepilzleins, gegen die alle anderen technischen Pilze zusammenschrumpfen, wenn sie auch in beschränkter Anwendung noch immer großen Nutzen bringen. Es gibt nämlich noch eine Reihe von Gärungen, deren man sich mit Eifer bedient. Die Kefirhefe, mit Bakterien gemengt, dient zur Bereitung der aus Stutenmilch vergorenen Getränke, für die sich die Hygieniker früher ebenso warm verwendeten, wie jetzt für die ebenfalls mit einer Hefeart angesetzte bulgarische Maja. Strahlt aber nicht aus der so eifrig betriebenen Reklame für solche vergorene Milch (Yoghurt), die da sagt, daß es unter den armseligen Ziegenhirten des Balkans, die sie täglich trinken, trotz ihrer ungenügenden Nahrung die meisten Hundertjährigen gibt, strahlt nicht daraus ein Nachleuchten der alten Fabel vom verjüngenden Stein der Weisen, zu dem Hefe verhelfen kann? Wohl denen, die daran glauben können, daß eine durchaus unnatürliche Lebensweise schon ihre schädlichen Wirkungen verliere, wenn man nur täglich ein Glas gut vergorener Milch daraufsetzt. . . . . .

Gärung ist es auch, durch die sich der Morgenländer das Opium zum Genußgifte zubereitet; durch eine noch wenig studierte Gärung werden Waid, Krapp, Naturindigo, werden die Flechtenfarbstoffe, die man Lackmus und Orseille nennt, gewonnen. Neben den Hefepilzen verursachen auch eine große Zahl von Schimmelarten Alkoholgärungen. Solche sind Mucor und der Pinselschimmel (Aspergillus), die man schon oft mit Hefen verwechselt hat (sogen. Kugelhefe), und die als stärkeverzuckernde Pilze (Reispilze) von den Ostasiaten schon seit Jahrtausenden verwendet werden, um Arrak und andere berauschende Getränke (Sakébier) aus Reis zu bereiten, ferner japanische Sojawürze, deren an Fleischextrakt erinnernde Schmackhaftigkeit seit einiger Zeit auch unsere Vegetarier zu würdigen beginnen. Reisende erzählen, daß dem Japaner diese Bohnentunke ebenso unentbehrlich sei wie der Reis. In keinem Haushalt, bei keiner Mahlzeit darf sie dort fehlen. Der reiche Mann wie der Bettler benützt sie in gleicher Weise, denn durch ihren Salzgehalt wie ihr eigenartiges Aroma gibt sie den Reisspeisen einen kräftig würzigen Geschmack. Der größte Teil der japanischen Bohnenernte wird nur zur Herstellung der Sojawürze verwendet, und sie wäre unmöglich ohne das kleine Schimmelpilzchen Aspergillus Oryzae, das in Ostasien in zahlreichen Fabriken gezüchtet und langsam, aber sicher auch die Küche des Europäers erobern wird.



Technische Pilze.
1 = Kugelhefe von Mucor. 2 = Der Hefepilz der Sojawürze (Aspergillus Oryzae) in natürl. Größe und 75mal vergr. 3 = Der Arsenikschimmel (Penicillum brevicaule). (Nach Lafar.)

Was ich da zeigte, sind flüchtige Blicke in eine neue Welt. Der Siegeslauf des Eisens, des Wasserdampfes und der Elektrizität, der unsere viel bestaunte Welt der Technik geschaffen hat, ist vielleicht erst ein Vorspiel dessen, was der Mensch noch leisten wird, wenn er die Anfänge einer biologischen Technik, wie sie hier in Umrissen gezeichnet wurden, entwickelt.

Kein Monat vergeht, ohne daß in aller Stille, von dem Lärm der Tagesgespräche übertönt, neue Entdeckungen gemacht werden, wie man das Leben sich technisch dienstbar machen könne. Heute als Verwendung des Arsenikschimmels (Penicillum brevicaule) in der Gerichtsmedizin, da dieses Pilzchen durch seinen Knoblauchgeruch sogar die Anwesenheit eines millionstel Grammes Arsenik in Speisen oder Leichen anzeigt, morgen als Fortschritt auf dem Felde der Züchtung, der Artbildungslehre, der Lenkung der Lebensgesetze. Heimlich reift so die Botanik jene praktischen Früchte, aus deren wirtschaftlichem Segen dann auf einmal eine ganz andere Wertschätzung des

Pflanzenfreundes einsetzen wird als heute, da er noch immer nur als harmloser Liebhaber eines lieblichen Zeitvertreibes gilt.

Aber sogar schon heute steht, wie ich gezeigt zu haben glaube, die biologische Technik als Großmacht da, als Verwalterin und Erzeugerin von Milliarden, und es hängt nur von dem Gedeihen der Lebensforschung ab, an welchem Tage sie ebenbürtig der physikalisch-chemischen Industrie an die Seite treten wird.

Wir blicken da hinein in einen Hintergrund der Lebenswissenschaft, an den vor kaum einem Menschenalter noch gar niemand denken konnte. Botanik wird und ist schon jetzt eine der Grundlagen der Industrie. Botanische Kenntnisse sind nicht nur Bildungswerte, sie fördern nicht nur unser Empfinden und Denken, nein, sie haben schon seit längerem „klingenden Wert", und die großen Entdeckungen in ihrem Reiche können schon heute unter Umständen zum Millionär machen, wie sie den Maschinenbauer, den Elektrotechniker und Chemiker mit Gold überschütten.

Das nächste Geschlecht, schon unsere Kinder werden von dieser Ummünzung von botanischer Theorie und Wissen in Gut und Macht als von etwas Selbstverständlichem reden und sie werden noch in einem ganz anderen Sinne als wir Denkmäler errichten und ihre dankbare Verehrung bezeugen den anspruchlosen, bescheidenen Männern, denen man das verdankt und die sich daran verzehrten, des Pflanzenlebens Schleier zu lüften, die uneigennützig forschten oft in Kümmernis und Armut und sannen über Lebenstheorien und Entwicklungsgesetze, über den Bau der kleinsten Wesen und die Rätselworte des aus dem Lebendigen redenden Geistes — wofür sie seinerzeit keine andere Genugtuung erhielten, als die innere würdevolle Freudigkeit, mit der sich das Streben nach Wahrheit selbst belohnt.

Die klassischen Werke über technische Pilze sind:

1. Brefeld, O., Botanische Untersuchungen über Hefepilze. Leipzig. 4°. 1883.
2. E. Chr. Hansen, Untersuchungen über die Morphologie und Physiologie der Alkoholgärungspilze. [In Meddelelsen fra Carlsberg Laborator. Kopenhagen, seit 1881 — als besondere Schriftenfolge: Comptes rendus de Carlsberg seit 1879.]
3. Jörgensen, Die Microorganismen der Gärungsindustrie. 4. Aufl. Berlin 1898.
4. Lafar, Fr., Handbuch der technischen Mycologie. I. und IV. Band. Jena. 8°. 1905—1907. (Darin Hunderte von Literaturangaben!)
5. Pasteur, L., Etudes sur le vin. Paris 1866.
6. — Etudes sur la bière. Paris 1876.
7. Rees, M., Botanische Untersuchungen über die Alkoholgärungspilze. Leipzig 1870.

Außerdem eine riesige technische Literatur, in die „ein Jahresbericht über die Fortschritte in der Lehre von den Gärungsorganismen" seit 1892 einführt.

Die eßbaren und giftigen Pilze.

Die Kulturgeschichte der Pilze beginnt mit einem Verbrechen. Jene römische Kaiserin Agrippina, nach der Köln seinen Namen hat, als von ihr begünstigte Veteranenkolonie, ließ ihren Gemahl Klaudius durch Pilze vergiften. Die teuflische Kunst altrömischer Giftmischer wußte ein Gericht von Kaiserlingen künstlich todbringend zu machen und verdarb dadurch den Ruf eines Leckerbissens, den die Höflinge jener Zeiten so über alle Maßen schätzten, daß sie ihn mit umständlicher Wichtigkeit höchsteigenhändig zuzubereiten pflegten.

Die Anekdote kennzeichnet den Standpunkt, den auch heute noch die meisten Menschen der Natur gegenüber einnehmen. Der Gradmesser ihres Interesses ist der „Wohlgeschmack" der Tiere und Pflanzen. In slavischen Ländern und in Südeuropa kann man den gemeinen Mann überhaupt nicht davon überzeugen, daß man Pflanzen zu anderem Zwecke suche, als um sie zu essen.

Das ist ein abscheulicher Negerstandpunkt, sagt der Pessimist. Das ist nur natürlich, meint der Naturgebildete, der den Menschen so nimmt, wie man Naturwesen nehmen muß. Denn da wir nun einmal nicht die beneidenswerte Eigenschaft der Pflanzen haben, uns aus Luft und Erdsalzen erhalten zu können, so müssen wir zur Nahrung andere Lebewesen essen. Und so gehört es schließlich zur Naturgeschichte, sich auch nach der Eßbarkeit der Pflanzen zu erkundigen.

Davon soll nun dieser Abschnitt handeln, da man gerade die Fruchtkörper der Pilze als natürliches Nahrungsmittel teilweise wirklich überschätzt, zum größeren Teil aber noch lange nicht in dem Maße würdigt, wie sie es als billige, stets zu beschaffende Volksnahrung verdienen.

Man überschätzt die Pilze, wenn man ihnen, wie es oft zu lesen und zu hören ist, außerordentlichen Nährwert beimißt. Damit ist es nicht eben weit her. Pilze enthalten zwar das Doppelte oder Dreifache an Stickstoffsubstanz wie Getreide. Auch sind sie sehr reich an Kali und Phosphorsäure. Die Analysen der Fruchtkörper ergaben, daß die Zellwände aus einer kaum verdaulichen Substanz, der Pilzzellulose, bestehen, die den Chitinpanzern der Insekten am nächsten kommt. Schon deshalb sind Pilze stets ein schwerverdauliches Gericht. Ihr Zellinhalt entbehrt ganz der Stärke, enthält aber um so mehr Eiweiß, Glykogen, Mannit und Zucker, außerdem Fette. Prof. Wicke hat gezeigt, daß die einzelnen Pilzarten darin nicht gleich sind.

Die Morchel	enthält nach ihm (bei 100° getrocknet) 28,5 %	Proteinsubstanz.
„ Trüffel	„ „ „ „ „ „ 36,42 %	
der Champignon	„ „ „ „ „ „ 45,37 %	

Am wenigsten weist ferner nach neueren Untersuchungen der Eierschwamm auf.

Wenn man nun damit die Nährwerte von Gemüsen und Obst vergleicht, so ergibt sich, daß die Pilze den ersten ziemlich gleichwertig sind, daß sie hinter Erbsen, Linsen und Bohnen zurückstehen, Äpfel, Birnen und sonstiges Obst aber bei weitem übertreffen. Nahe reichen sie dagegen an Milch. Von Fleisch und Käse werden sie natürlich an Fett und Stickstoffsubstanzen überboten. Berücksichtigen muß man dabei, daß frische Pilze mehr als zu 90 % aus Wasser bestehen.

* Au[illegible] Collybia Schii-Take Sieb. in solchen Mengen gezüchtet, daß noch Hunderttausende von Kilogrammen ausgeführt werden.

an Fett und Stickstoffsubstanzen [illegible] man dabei,
he Pilze mehr als zu 90 % aus Wasser bestehen.

Der Schluß aus diesen Erfahrungen ist, daß Pilze allerdings nahrhaft sind, in der Nähe der Gemüse rangieren und als solches, im ganzen etwa als Zukost zu Eiern oder Salat, zu betrachten sind. Der Wohlgeschmack, die Abwechslung, welche sie in die Küche bringen, erhöhen ihren Wert — wenn sie billig sind. Ein Gericht Steinpilze oder Champignons, von denen ein Pfund mit 60—80 Pfg. oder noch höher bezahlt werden muß, ist natürlich bedeutend überzahlt, und es wäre töricht, bei solchen Preisen Pilze statt Gemüse zu essen.

Diesen Nährwert der Schwämme als Massenartikel hat man in einzelnen Ländern, in Rußland, Frankreich und Japan schon lange erkannt. Rußland mit seinen Riesenwäldern und seiner auf weite Gebiete verstreuten Landbevölkerung leidet natürlicherweise keine Not an Pilzen, aber in den westlichen Kulturländern sind sie eigentlich schon so weit ausgerottet, daß der Großstädter bei uns eßbare Schwämme nur selten auf dem Tische sieht. Der praktische Sinn der Franzosen wußte dem abzuhelfen. Er verstand die Trüffel als sein Nationalgericht in Mengen zu bewahren, er züchtet den nahrhaftesten und schmackhaftesten aller Pilze, den Champignon, künstlich in solchen Massen, daß ihn in Paris auch der kleine Mann nicht zu entbehren braucht.*

Bei uns ist der Arbeiter und wenig Bemittelte fast stets darauf angewiesen, auf Spaziergängen selbst auf die Pilzjagd zu gehen, wenn er sich den Genuß einer Pilzmahlzeit verschaffen will. Und da man etwa vierzig Arten von den mehreren Hundert Hutpilzen, die in Mitteleuropa gedeihen, für eßbar hält, so ereignet es sich leider immer wieder, in Deutschland einige Hundertmal jeden Sommer, daß bereits in Verwesung übergegangene Schwämme oder unerkannte Giftpilze ihre Opfer finden. Da nun bekanntlich jeder, der sich an Pilzen vergiftete, in die Zeitung kommt, die Tausende, die sich ohne Gefahr daran erlabten, aber nicht, so ist die Welt voll Angst vor giftigen Schwämmen, und das läßt kein besonderes Vertrauen gegenüber den Lobpreisern einer regelmäßigen Pilzkost aufkommen.

Nun ist diese Scheu ja teilweise berechtigt. Ein einfaches Merksprüchlein, woran man die giftigen Pilze erkennt, gibt es nicht. Die gewissen Regeln, als da sind z. B. „giftige Pilze werden beim Anschneiden blau, eßbare nicht", oder „je giftiger der Pilz, desto schöner die Kappe", taugen so viel wie die Probe mit dem Silberlöffel. Das Blauwerden des Pilzfleisches beruht auf einer Oxydation der Fette an der Luft, kann sich also bei allen Arten ereignen, und bunt sind auch manche eßbare Schwämme wie der Eierschwamm, Ziegenbart, Stockschwamm, unscheinbar dagegen viele der giftigsten. Man erinnere sich nur gerade an den gefährlichsten aller, den Knollenblätterschwamm (siehe die farbige Pilztafel).

Um die Giftigkeit der Schwämme ist es übrigens eine ganz eigene Sache. Ich habe in der Slowakei auf den Wochenmärkten sonst für giftig gehaltene Täublingsarten feilhalten gesehen, und man sagte mir, sie seien in jener Gegend unschädlich. Andere Botaniker haben Ähnliches erfahren. Der bei uns verdächtige Pfeffermilchling (Lactarius piperatus) und der mit Recht verschriene Fliegenpilz soll nach Prof. J. Römer in Sibirien, Rußland und Siebenbürgen gegessen werden. Die geschätzte

* Auch in Japan wird der Pilz Collybia Schii-Take Sieb. in solchen Mengen gezüchtet, daß noch Hunderttausende von Kilogrammen ausgeführt werden.

Morchel ist da und dort giftig, weshalb Vorsichtige das Wasser, in dem sie gekocht wurde, stets wegschütten. Alte Pilze zu genießen, hat immer etwas Bedenkliches, man begnüge sich also mit jungen frischgepflückten.

Die Erklärung dieser Tatsachen bereitet dem Naturwissenschaftler immerhin noch Schwierigkeiten. Durch einige Analysen weiß man, daß die Pilzgifte teils Alkaloide sind wie das Amanitin und Muscarin des Fliegenpilzes, teils Eiweißstoffe wie das Phallin des tückischen Knollenblätterschwammes. Man versteht daher immerhin, warum sie auf den Menschen nach Art des Tollkirschen- oder eines Schlangengiftes wirken, oft wie bei dem letztgenannten erst nach einem halben oder ganzen Tage.

Stinkmorchel (Phallus impudicus) mit nagender Nacktschnecke. (Originalaufnahme von Oberlehrer G. E. F. Schulz, s. S. 383.)

Ein durch Pilze Vergifteter hat schreckliche Qualen auszustehen. Seine Leiden beginnen zumeist mit Brennen im Magen, Schwindelgefühl, heftigsten Leibschmerzen und den sie begleitenden Ängsten. Dann folgen Erbrechen, Krämpfe, Delirien, die im ärgsten Fall bis zum Tode anhalten. Man suche daher den Kranken so rasch als möglich zu dem ausgiebigen Erbrechen zu bringen, das der Körper als Selbstschutz ohnedies begünstigt. Natürlich ist trotzdem der Arzt unentbehrlich, der die Magenpumpe anwenden wird und sich, wenn schon längere Zeit seit der Giftaufnahme verflossen ist, auch nur darauf beschränken kann, alle Entleerungen zu beschleunigen und der Selbsthilfe des Körpers jedmöglichen Vorschub zu leisten.

Selbstverständlich wechseln die Symptome je nach der Art des verzehrten Giftpilzes. Fliegenpilz und Knollenblätterschwamm haben rauschartige Folgen; besondere Krämpfe, auch Starrkrampf und Schlafsucht deuten auf sie.

Diese schrecklichen Folgen sagen aber nichts aus darüber, welchen Zweck der Pilz mit der Herstellung seiner Alkaloide verfolgt. Ein Teil der Pilzvergiftungen beruht ja übrigens nicht auf ihnen, sondern auf der Zersetzung alter verdorbener Schwämme. Die Frage wird auch durch das Verhalten der Tiere nicht geklärt. Man kann oft lesen, daß die Giftpilze für Tiere unschädlich seien. Dem ist aber nicht so. Man hat Katzen und junge Hunde sterben sehen, die von mit Fliegenpilzen versetzter Milch naschten. Und man würde solche nicht aufstellen, wenn sie für Fliegen geradezu ein Labsal wäre. Man wagt es also nicht, die Vermutung von der Hand zu weisen, daß die Alkaloide

aus biologischen Gründen zum Schutz gegen Tierfraß entstehen. Doch vermag man auch wieder nicht ganz dafür einzutreten, wenn man die Versuche beachtet, von denen Lenz in seinem Werke über die nützlichen und schädlichen Schwämme schreibt, daß der Fliegenschwamm von Waldmäusen und fast allen Reptilien und Amphibien verzehrt werden kann, ohne sie zu schädigen. Nun sind freilich nicht diese, sondern Schnecken und besonders Insektenlarven Liebhaber eines Pilzgerichtes. Wegschnecke und die gemeine Limax-Nacktschnecke verzehren sie als Lieblingsgemüse (s. Bild S. 374), und wenn der Pilzhut ein verständiges Wesen wäre, hätte er gar keine Ursache, sich gegen sie zu wehren, denn seine Sporen werden von den Schnecken nicht verdaut, dem Lebenszweck des Fruchtkörpers wird also durch sie sogar noch Vorschub geleistet. Die Legion der in Pilzen wühlenden Maden (es sind zumeist Fliegen- und Käferlarven) beeinträchtigt die Verbreitung der Sporen auch nicht sonderlich; von den Pilzgiften aber lassen sich diese ausgepichten Kehlen schon gar nicht abschrecken, gibt es doch welche, die am spanischen Pfeffer, sogar an Arsenik nagen.

Ehrlicherweise wird man nach alldem zugestehen müssen, daß die Wissenschaft noch nicht imstande ist, anzugeben, warum manche Pilze giftig sind, andere nicht.

Wohl aber hat sie uns immerhin sichere Kenntnisse an die Hand gegeben, um die schädlichen von den nützlichen zu unterscheiden. Wenn man auf die Pilzkunde so viel Aufmerksamkeit verwendet, wie man gemeinhin aufbringt, um Blütenpflanzen zu bestimmen, aber auch nur dann kann man kaum fehlgreifen, da es viel leichter ist, einen Schwamm mit Sicherheit zu erkennen, als z. B. eine bestimmte Orchidee oder einen Lippen- oder Korbblütler. Man muß sich dazu nur jene allgemeinen Kenntnisse über Bau und Leben der Pilze verschaffen, die der vorhergehende Abschnitt dieses Werkes zu vermitteln trachtet, und sich dann eines der vielen anerkannt guten „Pilzführer" bedienen, von denen ich einige am Schluß dieses Abschnittes zusammengestellt habe.

Im allgemeinen werden folgende Winke von Nutzen hierbei sein:

Eßbar sind alle Pilze, die keinen Hut haben, sondern so, wie auf unserer Farbentafel der krause Ziegenbart oder der rote Hirschschwamm, aus lauter Stielen und Ästchen bestehen. Ferner alle, die so, wie der Habichtsschwamm, zwar Stiel und Hut haben, dessen Unterseite jedoch stachelig ist [Familie der Stachelpilze (Hydnaceae)]. Eßbar sind alle Pilze der Morchelfamilie (Helvellaceae), zu erkennen daran, daß ihr Hut weder die bekannten Blättchen (Lamellen) noch Röhrchen oder Stacheln aufweist.

Giftig sind dagegen fast alle Pilze der Champignonfamilie (Agaricinae), die an den Lamellen des Hutes sofort erkannt werden können.

Mehr glaube ich von allgemeinen Ratschlägen nicht verantworten zu können und habe noch von je alle, die auf mich hören, davon abgehalten, außer Morcheln, Pfifferlingen und Steinpilzen, die leicht zu erkennen sind, im Freien andere Pilze zu sammeln. Es lohnt ohnedies meist kaum die Mühe. Dagegen kann ich mich nicht genug ereifern für den Gedanken, den Champignon auch bei uns im größten Maßstabe künstlich zu züchten. Ist es denn nicht wahrhaft indianerhaft, sich auf gelegentlich wildwachsende „Früchte des Waldes" zu verlassen? Der Kulturmensch setzt an deren Stelle reinlichere, auch reichlicher sich verzinsende Kulturen, so wie er es auch verschmäht, sein Gemüse auf den Wiesen zu pflücken, was an sich doch ganz leicht ginge.

Wohl gibt es auch in Deutschland eine Menge Gärtner und Liebhaber, die sich in einem Keller ihr Champignonbeet anlegen, das aber oft, weil man den dazu gehörigen Dung unsachgemäß behandelt, wenig Freude macht. Auch im Großen, in der Nähe unserer Großstädte, wird der edle Pilz bereits gezüchtet. Eine solche Kulturanstalt in dem Gärtnerstädtchen Zossen bei Berlin versorgt z. B. die Hotels und Händler der Weltstadt winters und sommers. Ein Winter, der 12—20 Zentner Pilze liefert, die mit ℳ 0.90 bis 1.20 pro Pfund bezahlt werden (den Konsumenten kosten sie des Zwischenhandels halber das Doppelte!), trägt also bereits eine außerordentlich schöne Rente — die ja freilich nur ein Tropfen ist gegenüber den fünfzehn Millionen Francs, welche die Pariser Champignonzüchter jährlich einzunehmen wissen!

Gegenüber den beiläufig 40 eßbaren Pilzarten, deren Zahl aber meiner Meinung nach noch sehr wachsen wird, wenn man den Pilzen als Nahrungsmittel von wissenschaftlicher Seite mehr Aufmerksamkeit schenkt, gibt es leider vorläufig nur ganz wenige Arten, die sich künstlich züchten lassen. Dies sind außer dem Champignon noch der Musseron (Agaricus prunulus), der als Suppenzutat geschätzte Stockschwamm (A. oder Pholiota mutabilis) und noch einige. Auch ihre Zahl ließe sich vermehren, wenn auf das Praktische gerichtete Naturforscher hier ebenso mit Forschungen einsetzen würden, wie man den Hefepilz zur Nutzpflanze gemacht hat. Die Hoffnung ist nicht eitel, daß auch ein „Mykologisches Institut" Millionenwerte durch eine neue biologische Technik schaffen könnte!

Unsere Gärtner und unser Volk sollte man also durch rastlose Aufklärungsarbeit dahin bringen, den Speisepilzen mehr Beachtung zu schenken als bisher. In allen sechzig deutschen Großstädten und den zahlreichen Mittelstädten eröffnen sich damit dem einzelnen neue Berufe und auskömmliche Existenzmöglichkeiten. Die Vorbedingung dazu ist, daß man im deutschen Volke das alte Vorurteil und die Angst vor Pilzen ablegt, und dazu mögen die Lehrer des Volkes in und außer der Schule in solcher Weise beitragen, wie es in diesem kleinen Werbekapitel versucht wurde, das gerne den Anstoß geben möchte, daß man die noch ungehobenen Schätze an Volksnahrung entdecke und zinstragend zu verwerten verstehe.

Der wichtigste dieser Speisepilze, der Champignon (Agaricus oder Psalliota) gedeiht in Deutschland in etwa 400 Arten, auf dem Erdball sogar in 650 Arten, von denen jedoch nur zwei, der Feldchampignon (P. campestris) und der Ackerchampignon (P. arvensis), sehr nutzbar sind.* Ihn besonders zu beschreiben, dürfte sich wohl, namentlich unter Hinweis auf die Farbentafel, erübrigen. Dazu ist er zum Glück denn doch zu bekannt. Die beiden Arten, die im Herbst auf Wiesen, an Wegen, Acker- und Buschrändern zu finden sind, unterscheiden sich nur dadurch, daß der Ackerchampignon kleiner ist als der andere und ein bräunliches Hütchen trägt, auch mehr in gebirgigen Gegenden wächst, während der andere als Kind des Flachlandes gilt. Man beachte besonders die rosa bis schwarzbraune Färbung der Lamellen und den würzigen Marzipan- oder Anisduft, an denen der Kenner Champignons sofort von ähnlichen Pilzen zu unterscheiden weiß, namentlich vom hochgiftigen Knollenblätter-

* In Wäldern lebt auch noch der kaum unterschiedene A. silvaticus, auf Wiesen auch A. pratensis. Beide sind viel weniger wohlschmeckend als der echte „Herrenpilz."

pilz (Amanita bulbosa), der zu gleicher Zeit an waldigen Orten Früchte zeitigt, die so leicht mit Champignons verwechselt werden können, daß viele Bedachte aus dieser Ursache wildwachsende Pilze dieser Sorte überhaupt nicht verzehren. Der Giftpilz riecht zwar widerlich; sein Stiel ist knollig, seine Blätter weißgelblich und nie rotbraun, aber Umstände bringen es oft mit sich, daß auch der gewiegte Pilzfreund von unbehaglichem Zweifel nicht frei bleibt.

Zum Glück läßt sich gerade dieser wohlschmeckende und nahrhafteste Pilz leicht züchten. Die Pariser Katakomben, d. h. unterirdischen Steinbrüche, die, sehr sauber

Champignonkultur in Zossen bei Berlin. (Originalaufnahme von H. Grunewald.)

gehalten, höchst geeignet sind zur Pilzkultur, deren Hauptbedingungen Wärme, etwas Feuchtigkeit und viel Pferdedung sind, die also von Sonne, Witterung und besonderen Standorten unabhängig machen, sie haben eine besondere Zuchtrasse ausgebildet, deren aromatischer Geschack vom Feinschmecker weit über den der „wilden Pilze" gestellt wird. Interessantes sieht man in einer solchen Champignonzüchterei, die etwa von April bis Oktober im Freien arbeitet und besonders dafür sorgt, daß die Feuchtigkeit und Temperatur (Minimum 10—12 %) gleichmäßig sei. Abgegrenzte Beete, wie sie auf dem beistehenden Bilde zu sehen, werden etwa einen halben Meter hoch mit einer Mischung von strohfreiem Pferdedung und Lehm aufgefüllt. Die Herstellung und Mischung des Pilzbeetes ist das Geheimnis des Erfolges. Man muß sie erlernen; beschreiben läßt sich das nicht. Wenn man nicht in diese Kunst eingeweiht ist, erlebt man häufig Fehlschläge.

In ein derartig vorbereitetes Beet verpflanzt man die Pilzbrut (Terra fungaja), die man am besten von einem Züchter von Ruf bezieht* und auch käuflich in Würfeln erhält, die aus Erde, Mist, Lohe geknetet und von dem Myzel des Pilzes durchzogen sind. Im Notfall kann man natürlich auch von reifen Pilzhüten die Sporen einfach aussäen. Nun kommen Wochen banger Erwartung. Nach 8—10 Tagen erkennt man bereits, ob das Myzel das Beet durchspinnt oder nicht. Gelingt die Zucht, so erscheinen gar bald die ersten Fruchtkörper, und über zwölf Wochen lang erntet man mühelos reinliche Pilze und kann dann die Brut wieder in ein neues Beet verpflanzen.

So arbeitet man in Frankreich und Belgien, zwar noch wenig nach wissenschaftlichen Grundsätzen, mehr den Zufällen bloßer Erfahrung preisgegeben, und doch erzielt man dort glänzende unterirdische Ernten, die auch unser reichbevölkertes Land schon aus wirtschaftlichen Gründen sich auf die Dauer gar nicht entgehen lassen kann.

Der Steinpilz (Boletus bulbosus, früher B. edulis, Pilztafel Fig. XI) in Süddeutschland und Österreich der volkstümlichste der Speisepilze, gehört zur Familie der Poren- oder Röhrenpilze (Polyporaceae), da seine Fruchtschicht die Wandungen von Röhren überzieht. Er ist also nahe verwandt mit der großen, gemeinbekannten Schar von Baumschwämmen, die in jedem alten Wald besonders die Tannen und Buchen mit Konsolen verzieren und von denen einer, der buchenbewohnende Feuerschwamm (Fomes fomentarius), der älteren Generation als Zunder, der jüngeren als das Material der hübschen Spielereien bekannt ist, die regelmäßig in Badeorten ausgeboten werden.

Der Steinpilz, dessen volkstümlicher Name, so wie der aller Pilze, je nach den Gegenden sehr verschieden ist (z. B. Steinpilz in Bayern, Herrenpilz in Österreich, Pilsling in Böhmen), weshalb man gut tut, sich nur auf den internationalen lateinischen zu verlassen, ist ein häufiger Bewohner des Nadelwaldes dort — wo man ihn durch unvernünftige Art des Sammelns noch nicht ausgerottet hat. Wenn seit einigen Jahren allgemein geklagt wird, daß wohl „schlechte Pilzjahre" seien, weil viel weniger feinere Pilze auf den Markt kommen als vordem, so ist dies direkt der erhöhten Beachtung zuzuschreiben, die man jetzt den Schwämmen in weiteren Volksschichten zuwendet. Hunderte von Pilzsammlern finden dadurch ihr Brot, treiben aber wahre Raubwirtschaft, indem sie die Fruchthüte, ob brauchbar oder nicht, ausreißen, statt nur die nicht überreifen abzuschneiden, um das Myzel nicht zu schädigen, sporentragende Hüte aber als Saat des nächsten Jahres übrigzulassen.

Wenn man den Steinpilz selbst sammeln will, beachte man außer dem schon hervorgehobenen Merkmal, daß er am meisten im Spätsommer etwa 1—2 dcm hohe, dicke, sehr plumpe Fruchtkörper treibt, mit besonders dickem Stiel, mit stark gewölbtem, gelb- bis rotbraunem Hut und einer jung weißlichen, später gelbgrünen Röhrchenschicht. Steinpilze riechen auch würzig nach Nüssen. Ein gutes Merkmal ist durch die Beschaffenheit ihrer Stiele gegeben. Diese sind blaßbraun, niemals rot und tragen ein lichtes Adernetz. Dadurch sind sie sicher von dem zum Glück recht seltenen Satanspilz, Boletus Satanas (Pilztafel Fig. XII), zu unterscheiden, dessen Röhrchen an der Mündung blutrot, dessen Stiel rot überlaufen ist, während bei dem noch selteneren Hexenpilz (B. luridus) nur die Röhren hellrot schimmern.

* Ein solcher ist der Züchter Grunewald in Zossen bei Berlin.

Einige andere verwandte Arten, wie der sehr häufig in Föhrenwäldern wachsende Kuhpilz (B. bovinus), der Birkenpilz oder Kapuziner (B. scaber, Pilzt. Fig. X), dessen Name das Vorkommen verrät, der Butterpilz (B. luteus, Pilzt. Fig. IX) u. a. sind nicht so wohlschmeckend, daß man sie empfehlen könnte. Zu leicht kann der Sammler, der sich nicht auf die gemeinbekannten Arten beschränkt, einen Fehlgriff machen.

Der Forstmann hat ohnedies Ursache, die Schwämme seines Waldes nicht so ganz als Freiwild jedermanns Begehr zu überlassen. Sind doch viele der Speisepilze — namentlich gilt es vom Steinpilz — die Erzeuger der Pilzwurzel (Mykorrhiza), an die sich unsere Waldbäume so innig angepaßt haben, daß sie ohne sie nicht mehr zu bestehen vermögen. Man hat zwar noch keine Versuche ausgeführt, inwiefern Reichtum oder Armut an Hutschwämmen auf das Gedeihen, den Holzzuwachs und die Widerstandsfähigkeit des Waldes Einfluß haben; man wird das wohl bald nachholen, und der theoretische Botaniker kann vielleicht schon die Wahrsagung wagen, daß solche Zusammenhänge da sein müssen, daß demnach schon aus forstwirtschaftlichen Gründen die Pilze in den Waldschutz einzubeziehen sind.

Als den für Deutschland drittwichtigsten Pilz kann man kühnlich den Pfefferling oder Eierschwamm (Cantharellus cibarius, Pilztafel Fig. VIII) nennen. Er ist der „Speisepilz" des kleinen Mannes von Berlin. Aus den norddeutschen Kiefernwäldern wird er nämlich in solchen Mengen auf die Märkte Schlesiens und der Mark gebracht, daß er stellenweise als Volksnahrungsmittel gelten kann. Leider ist er nicht so wohlschmeckend wie die bisher genannten; er heißt nicht ohne Grund Pfefferling. Dafür ist er wieder der appetitlichste aller Pilze, der einzige, der von Maden verschont bleibt, was vielleicht dem scharfen Stoffe zuzuschreiben ist, der ihn auch unserem Gaumen weniger begehrlich macht.

Seine eigelbe Farbe, die besondere Form, die sich bis zum Trichterförmigen auswachsen kann, machen ihn jedem Kinde kenntlich. Der Fachmann betont noch, daß die weit am Stiele herablaufenden Lamellen ein besonders untrügliches Merkmal seien.

Man kann ihn trotzdem nicht ganz ohne Vorsicht sammeln, denn es gibt einen giftigen falschen Eierschwamm (L. aurantiacus, Bild in Bd. I, S. 300 [Tafel]), der sich nur wenig, am sichersten noch durch seine grellere, orangegelbe Farbe von ihm unterscheidet. Auch mit dem auf Moosboden wachsenden, übrigens eßbaren Semmelpilz (Polyporus confluens, Pilztafel Fig. XIII) mag ihn der Unkundige oder Oberflächliche verwechseln. Doch der erste Blick ernsterer Aufmerksamkeit wird eines Besseren belehren; ist doch der Semmelpilz ein Poren- und nicht ein Blätterschwamm wie der Eierling.

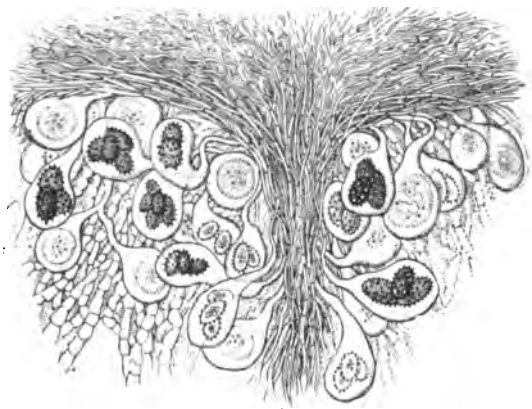
Häufige Marktware sind in den Frühlingsmonaten in Deutschland und noch mehr in Österreich die Morcheln (Morchella), von denen mehrere Arten, die Speisemorchel (M. esculenta), die Glockenmorchel (M. patula), die Spitzmorchel (M. conica), gegessen werden (Pilztafel Fig. XVII).

Man kann sie ob der Kegelgestalt ihres Fruchtträgers mit keinem anderen Pilz verwechseln; in ihrer Gruppe gibt es keinerlei Giftträger, ihr Wohlgeschmack wird auch nicht durch beißende „Schutzmittel" der Pflanze getrübt, und so wären sie wohl die idealen Speiseschwämme — wenn sie nicht selbst manchmal in leichtem Grade schädlich wären! Deshalb empfiehlt es sich immer, sie nur gekocht zu genießen, das Kochwasser

aber abzugießen, trotzdem es gewöhnlich das Beste an Aroma enthält. Soviel mag den praktischen Pilzfreund interessieren, der Botaniker weiß anderes an den Morcheln zur Beachtung vorzurücken. Sind sie doch gar keine Hut- — ja, nicht einmal Ständerpilze, sondern Schlauchpilze, deren Sporen sich in den netzartigen Gruben ihres mützenförmigen Fruchtträgers bilden.

Etwas seltener sieht man auf dem Markte die nahverwandten Lorcheln (Helvella Infula [Pilztafel Fig. XVIII]), von denen nichts anderes zu bemerken ist, als daß ihnen der Feinschmecker die Morchel, die ihm als feiner Leckerbissen gilt, unbedingt vorzieht.

Die Palme reicht er allerdings — was übrigens nicht jeder einsehen wird — wenigstens in Frankreich, einem unappetitlich aussehenden unterirdischen Pilzknollen von starkem, nicht gerade angenehmem Geruche, der von eigens dazu abgerichteten Tieren aus der Erde gewühlt werden muß.



Durchschnitt durch den Fruchtkörper von Tuber rufum mit den Schlauchsporen. Stark vergr. (Nach Tulasne.)

Man wird schon erraten haben, welches Gewächs hier gemeint ist. Es ist die Speisetrüffel (verschiedene Tuber-Arten*, Pilztafel Fig. XVa), ein Schlauchpilz, der im System ziemlich niederen Rang einnimmt und von dem botanisch nur zu bemerken wäre, daß er ein eifriger Mykorrhiza-Bildner ist, daß sein Fruchtkörper, wie auf dem Bilde ersichtlich, im Durchschnitt ein prachtvolles mikroskopisches Schaustück darstellt, da die hübsch verzierten Sporen in einem niedlichen Geflecht von Pilzfäden eingesponnen sind.

Um so mehr weiß von ihm die Wirtschafts- und Kulturgeschichte zu sagen.

Planchon schreibt in seinem Werke über die Trüffel, daß in Frankreich 55 Departements glücklich zu preisen sind, weil sie die göttliche Trüffel hervorbringen, am meisten die Landschaft Perigord und das Land der Minnesänger: die Provence, besonders um die Stadt Carpentras. Insgesamt beläuft sich die Ernte auf jährlich 3 Millionen Pfund, für die man an 16 Millionen Franken von Paris, aber auch von den Engländern und Russen einnimmt. Berlin zahlt jährlich viele Tausende Mark für französische Trüffeln! Man hat zahlreiche Weinberge zu mit Eichen und Hainbuchen locker bestandenen Trüffelländereien umgestaltet, und der französische Winzer, dem ein glückliches Klima so viel Wein beschert, daß er ihn zu seinem Unglück nicht verkaufen kann, ist an manchen Orten durch die Trüffel wieder reich geworden.

Truffier und Rabassaire, d. h. Trüffeljäger zu sein, ernährt dort seinen Mann, und die Trüffeljagd ist ein besonderes Gewerbe! Merkwürdigerweise sind sogar in

* Es gibt etwa 20 Tuberarten. Die edlen schwarzen Trüffeln gehören zu T. brumale und melanosporum. Als Maitrüffeln bezeichnet man T. aestivum und T. mesentericum. Die weiße Trüffel ist eine verwandte Gattung: Chaeromyces. Die orientalischen Trüffeln der Sahara gehören zu Terfezia leonis.

den eigentlichen Hauptorten dieses Gewerbes die phantastischesten Ansichten über die wahre Natur dieser Pilzfrüchte, die etwa ein Jahr zu ihrer Reife brauchen, verbreitet. H. Coupin, ein französischer Naturforscher, erzählt, daß man sie in Frankreich im Volke meist für einen durch Insekten erzeugten Auswuchs der Baumwurzeln hält; man kennt dort besondere Trüffelmücken, und wenn der oder jener nicht an ihre mysteriöse Tätigkeit glaubt, so ist es, weil er die Entstehung der Trüffel dem Blitze zuschreibt, der das leckere Gewächs bilden soll, wenn er in die Erde fährt.

Man unterscheidet im allgemeinen wertvollere schwarze (auch Perigordtrüffeln genannt) von den weißen (Sommer-) Trüffeln, ferner Bourgogner Trüffeln, die im Dezember gegraben werden, und bei beiden eine große Anzahl von Abänderungen und Geschmackssorten. Eine ganze Fachkunde ist im Landvolke über sie entstanden; es wurden auch Versuche gemacht, den kostbaren Pilz zu züchten, vorläufig nur mit dem Erfolge, daß es sehr schwer gelingt, die Sporen der Fruchtkörper zum Keimen zu bringen. Das eine hat man dabei allerdings sicher erfahren, daß in baumlosen Gebieten die Trüffel nicht gedeiht. Sie ist an Eichen, Hainbuchen, Kastanienbäume und andere Gehölze gebunden, sei es, weil sie ihrer als Parasit der Wurzeln bedarf, sei es, daß sie ohne Wurzelsymbiose nicht mehr leben kann. Bestimmtes läßt sich darüber noch nicht sagen, obzwar für eine „wilde" Trüffelart (Elaphomyces) der Parasitismus lange für ganz erwiesen angesehen wurde.

Ein Bauer in der Provence hat jedoch schon vor gerade 100 Jahren eine indirekte Methode der Trüffelzüchtung gefunden, durch Aussaat von Eicheln solcher Bäume, deren Wurzeln vom Trüffelmyzel umsponnen waren. Und heute arbeitet man nach dieser etwas merkwürdigen und ein botanisches Problem nach Art des mykoplasmatischen Rostpilzes in sich bergenden Methode mit gutem Erfolg in fast ganz Süd-Frankreich.

Diese eigenartige Pflanze hat auch absonderliche Industrien nach sich gezogen. Der Rabassier zieht in der „Saison", vom November bis Februar, in Begleitung eines Schweines, mit einem Sack voll Eicheln oder Mais auf die Suche. Die armen Teufel unter ihnen, die keinen vierfüßigen Gehilfen auftreiben können, verlassen sich auf die Erfahrung und den sicheren Blick des Naturmenschen. Aus kleinen Bodenveränderungen schließen sie auf den Ort, unter dem reifende Trüffeln liegen, oder sie beachten die Mückenschwärme, die in Säulen über Trüffelplätzen tanzen, angezogen durch deren Geruch, der sie ja auch anderen Tieren verrät. Daß gewisse Mücken die Trüffel ebenso aufsuchen, wie Wespen ihre Lieblingsfrüchte oder Stubenfliegen und Ameisen den Zucker, das ist eben die Wahrheit an dem Märchen von der Trüffelfliege, deren Stich an den Baumwurzeln Pilzfrüchte hervorbringen soll.

Doch kehren wir zu dem Rabassier zurück, der übrigens auch als „Großindustrieller", wenn er mit Spürschweinen oder Spürhunden arbeitet, meist ein zerlumpter und roher Geselle ist. Sein Späher schnüffelt die Pilze auf, flugs sind sie mit der Schnauze herausgewühlt, da sie nur kaum $^1/_2$—$1^1/_2$ cm unter der Erde liegen — da verleidet ihnen ein Stockhieb den Genuß, aber eine Handvoll Eicheln entschädigt sie und erhält ihren Eifer wach. Coupin entwirft ein ganz köstliches Bildchen davon, daß die klugen Schweine es bald erlernen, die Trüffeln ihrem Begleiter zu überlassen. Sie werfen die Knollen nur auf und blicken erwartungsvoll nach dem ihnen gebührenden Honorar. Will man sie darum prellen, stürzen sie sich blitzschnell auf die Pilzfrüchte, und eine

Balgerei der zwei unappetitlichen Burschen unterbricht die Idylle des Rabassolebens.... Freilich manchmal auch das Gericht — denn im südfranzösischen Sprachgebrauch hat man für Betrüger und Trüffelhändler das gleiche Wort, und die wackeren Provenzalen verschmähen es nicht, die ungenießbare, bittere Hirschtrüffel (Elaphomyces granulatus, Pilztafel XVb) unter ihre Ware zu mengen oder künstlich gefärbte weiße Trüffeln und sogar gefärbte Kartoffeln und Rüben, die in „Spezialfabriken" mit modernster Technik zu solchem Zwecke präpariert werden.

Was hier von Frankreich geschildert wurde, wird ebenso eifrig in Italien mit Hilfe von Hunden betrieben, teilweise wenigstens in früheren Zeiten auch bei uns. Gut abgerichtete Trüffelhunde werden sogar noch jetzt mit mehreren hundert Mark bezahlt.

Der Fliegenpilz (Amanita Muscaria).
(Originalaufnahme von Frl. A. Mayer-Wien.)

Der Trüffelpilz ist nämlich auch in Deutschland und Österreich verbreitet, namentlich im Rheintal, ferner nach Aschersonin den Laubwäldern um Bernburg, um Dessau und Zerbst, in Thüringen, in der Weichselniederung, in Sachsen, in Böhmen und Ungarn. Nur ist es fast ausschließlich die weniger wertvolle Mai- und weiße Trüffel (T. mesentericum und Chaeromyces maeandriformis).

Ob wir nun aber der Trüffel-Jagd oder -Kultur bei uns ähnliche Bedeutung wünschen sollen, wie bei dem westlichen Nachbarn, ist immerhin etwas zu bedenken. Wir können uns ja schließlich das so sympathische und fortschrittfreundliche Volk der Franzmänner in anderen Dingen zum Muster nehmen.

Denn Trüffeln sind kein Volksnahrungsmittel — sie sind eine Zutat für Schlemmergerichte der Lebemänner. Wissenschaftlich gesagt: die Trüffel ist ein Aphrodisiacum. Dieserhalb schwärmten schon die Entarteten des Altertums für sie — dieserhalb wühlen sie Schwein und Hund und Bär so begehrlich aus dem Boden, dieserhalb sucht der männliche Hirsch zur Brunstzeit mit Leidenschaft nach der ihm zusagenden Hirschtrüffel — und deshalb können wir ganz gut auf ein Reizmittel verzichten, dessen Ruf sich vielleicht doch nur auf allzuoft geprellte Hoffnungen gründet.

Die Pilzkunde reicht also bis tief hinab in die Physiologie der Entartung. Als Zeugen hierfür kann man auch den Märchenpilz des deutschen Waldes: den Fliegenschwamm (Amanita Muscaria, Pilztafel Fig. III) heranziehen. Er ist am leichtesten zu erkennen mit seinem scharlachroten oder gelben Hütchen, auf dem die weißen Reste des durch sein Wachstum zersprengten Schleiers sitzen (s. das vorstehende Bild),

und es gibt wenig Nadelwälder, wo man nicht im Spätsommer das drollige, stumme Pilzmännlein des Märchens finden könnte, das sprichwörtlich wurde als Giftschwamm, obzwar sich in neuerer Zeit die Stimmen mehren, die es für verleumdet erklären. So sagt z. B. Georg E. F. Schulz in seinen anziehenden Natururkunden, von dessen teilweise ganz einzig dastehenden photographischen Naturaufnahmen der Verfasser einige zum Schmuck dieses Werkes freundlichst überließ, daß der Fliegenpilz entschieden nicht so giftig sei, wie die „Lehrbücher" ihn machen. Er selbst habe Stücke von ihm ohne Schaden genossen.

Wenn man nun auch da und dort den Pilz, wie sein Name besagt, in einer Milchabkochung als tödliche Fliegenlockspeise verwendet, so muß diese Ehrenrettung doch wohl ihre Gründe haben, denn der Fliegenpilz „verschönt" ja die Feste ganzer Völkerschaften. Der französische Arzt Gêrard hat übrigens im Jahre 1851 mit seiner Familie ebenfalls wiederholt Fliegenschwämme in der russischen Zubereitung gegessen, ohne irgendwelche Nachteile zu verspüren.

Andererseits sind freilich genug Fälle bekannt, daß namentlich arme italienische Arbeiter, die ihn mit dem in ihrem Vaterlande seit alters noch immer hochgeschätzten Kaiserling (A. Caesareus) verwechseln, daran an den Erscheinungen einer Vergiftung mit Tollkirschen verstarben. Auch Legende und Geschichte warnen vor seinem Genuß, denn sie erzählen, daß Euripides seine Gattin und Kinder durch Giftschwämme verlor und daß Diokletian und Kaiser Karl VI. dadurch vorzeitig verblichen. Wir haben alle Ursache, dieserhalb den Fliegenschwamm zu verdächtigen, da man in älterer Zeit die Kaiserschwämme über alle andern stellte und gerade sie mancherlei Ähnlichkeit mit dem Fliegentöter haben, von dessen Genuß man also doch jedenfalls abraten möchte.

Der bereits erwähnte Harald Lenz gibt in seinem noch heute sehr brauchbaren Pilzwerke einen merkwürdigen Beitrag zur Kulturgeschichte des Fliegenschwammes: Die Bewohner von Kamtschatka gebrauchen ihn — sagt er — um sich damit zu berauschen. Sie essen in dieser Absicht entweder getrocknete Stücke und trinken Wasser dazu, oder sie bereiten aus dem Fliegenschwamm vermittelst eines Zusatzes von Moosbeeren (Vaccinium uliginosum) oder Weidenröschen (Epilobium angustifolium) ein Getränk. Durch den Genuß des getrockneten Fliegenschwammes entsteht erst ein Zittern, das zuweilen in Krämpfe ausartet, später aber vermehren sich die Kräfte des Körpers, und der Einfluß auf den Geist wird sehr auffallend. Manche sind lustig und singen und tanzen; andere sind traurig, angstvoll und weinen. Das Merkwürdige bei dieser Art von Berauschung ist, daß die Menschen die Herrschaft über sich ganz verlieren. Unwillkürlich verraten sie ihre wichtigsten Geheimnisse, stürzen sich in Gräben und Flüsse, ja in Speere und Schwerter. Sie sehen und erkennen die Gefahr, vermögen aber nicht sie zu meiden. Endlich tritt ein fester Schlaf ein, aus dem sie mit aufgedunsenem Gesicht, schwerem Kopf und Schwäche in den Gliedern erwachen. Leute, die sich oft auf diese Weise berauschen, werden im Alter dumm.

Und gleichsam als Beweis für den niedrigen Kulturzustand, auf dem sich Menschen befinden, denen solches Lust gewährt, setzt unser Gewährsmann hinzu, daß auch Tiere, namentlich Renntiere, den Fliegenschwamm mit gleicher Begehrlichkeit aufsuchen und davon so viel fressen, daß sie oft betäubt niedersinken. . . . .

Was noch übrig ist an Hutpilzen in unseren Wäldern, kommt praktisch nicht sonderlich in Betracht. Es gibt zwar unter ihnen gewiß noch manchen wohlschmeckenden und vielgesuchten, so namentlich die auf der beigelegten Farbentafel abgebildeten Reizker (Lactarius deliciosus), den Brätling (Lactarius volemus), den Habichtschwamm (Hydnum imbricatum), die Hirschschwämme (Clavaria), den Ziegenbart (Sparassis ramosa), junge Bovisten, den Parasolpilz (Lepiota procera [s. das Bild]), die Stockschwämme (Pholiota mutabilis), Täublinge (Russula), Drehlinge (Pleurotus) und andere mehr. Von ihnen ist jedoch, wie ich wiederholt betonen möchte, mit wenigen Ausnahmen abzuraten, nicht nur, weil sie den Sammler leicht fehlgreifen lassen, sondern auch, weil sie selten in solchen Mengen vorkommen, daß es sich lohnt, sich mit ihnen abzugeben, und nicht zuletzt, weil sie dem Gaumen doch nur zweifelhafte Genüsse bereiten.

Parasolpilz (Lepiota procera).
(Nach einer Originalaufnahme von G. E. F. Schulz.)

Ausnehmen hiervon kann man vielleicht den Reizker (Pilztafel Fig. IV), obgleich auch er seinen deutschen Namen vom scharf-bitteren Geschmack hat. Sein lateinischer Gattungsname Lactarius bezieht sich auf den krebsbutterroten Milchsaft, den er reichlich führt und der auch nicht nach jedermanns Geschmack ist. Nimmt man noch hinzu, daß er ganz leicht mit dem an ähnlichen moosigen Orten wachsenden Giftreizker (Lactarius torminosus) verwechselt werden kann, von dem er eigentlich nur dadurch geschieden ist, daß aus dem Giftmischer weißer Milchsaft tröpfelt, so wird man es einsehen, warum ich so oft wiederhole: Beschränkt euch auf die wenigen wohlbekannten Waldpilze und laßt die anderen stehen! Ganz ähnlich verhält es sich mit dem in Laubwäldern wachsenden Brätling, der sowohl von dem sehr giftigen Speiteufel (Russula emetica) als auch von dem nicht bekömmlichen Milchschwamm (L. rufus) nicht stets mit Sicherheit auseinandergehalten werden kann. Auf den Bildern ist es ja leicht, den harmlosen vom bösartigen zu scheiden — anders ist es in der Natur. Da hat man erstens nicht das Vergleichsobjekt zur Hand; außerdem ändern auch die Pilze ab wie alle Lebewesen. Es gibt Lokalvarietäten; das Alter des Fruchtkörpers bestimmt sein Aussehen, so wie der Greis anders auftritt denn der Jüngling. Dadurch verwischen sich die Charakterzüge oft dermaßen, daß auch die beste Beschreibung nicht über den Zweifel hinweghebt.

Die Landleute und Berufssammler haben allerdings einen wahrhaft bewunderungswürdigen Blick für die Unterscheidung der Arten. Daher rührt es, daß trotz der ungeheuren Mengen, in denen man Schwämme verzehrt, sich doch nur verschwindend wenig Vergiftungsfälle, eigentlich auch nicht mehr als bei Fisch- und Gemüsekonserven, ereignen.

Wovor jeder Einsichtige warnt, ist nur, daß nicht „jedermann" bei jedem Waldspaziergang darauf ausgehe, einen Sack voll Suppenpilzen nach Hause zu bringen. Diese gemeine Nutzungsgier läßt dann immer eher an den häufigsten der deutschen Waldschwämme, den truppweise wachsenden Schwefelkopf (Hypholoma fasciculare, abgebildet auf der Farbentafel zu S. 300 in Bd. I), geraten, wenn man den Stockschwamm sucht, sie läßt gemeine Coprinus-Mistpilze (s. das Bild) verzehren und erklärt den Hallimasch für eßbar, was zwar nicht immer zu Katastrophen, sondern nur zu zweifelhaften Delikatessen führt — mit Sicherheit jedoch zu einer Herabwürdigung der Weihestunden, die ein gemütvoller Mensch im Walde verleben kann. Wer schon um jeden Preis rechnen will, der wird bei der Schlußrechnung finden, daß es mehr Nutzen bringt, sich auf Ausflügen zu erholen durch behagliches Schauen, reines Genießen und Gemütserquickung, als blind und taub für Waldesschönheit und Naturzauber gleich einem hungrigen Tier sich todmüde zu bücken — weil man dabei um eine halbe Mark Suppenschwämme erbeuten kann, die man oft genug doch wieder wegwirft, weil man nicht weiß, ob es die richtigen sind.

Ein Tintenpilz (Coprinus porcellanus Schaeff.).
(Faksimile aus G. E. F. Schulz „Natururkunden". Berlin, 1908.)

Man bedarf, um sich — sei es aus praktischen oder aus wissenschaftlichen Zwecken — in die Hutpilzflora des deutschen Waldes einzuführen, unbedingt eines Hilfsbuches. Guten Rufes erfreuen sich unter vielen anderen hierbei folgende Werke:

1. Lorinser, Die wichtigsten eßbaren, verdächtigen und giftigen Schwämme. 4. Aufl. Wien 1889.
2. Hahn, Der Pilzsammler. 3. Aufl. Gera 1903. (Sehr praktisch.)
3. Fr. Steudel, Praktische Pilzkunde.

4. Michael, Führer f. Pilzfreunde. 1.—3. Bd. Zwickau 1901—1905. (Sehr berühmt.)
Auskunft über Pilzgerichte geben:
5. Müller-Lubitz, Die Pilzküche. Leipzig 1905.
6. K. Kloeber, Die Pilzküche. (Mit 241 Rezepten).
Über Champignonzucht belehren:
7. Schüler, Die Champignonzucht als landwirtschaftlicher Nebenbetrieb. Frankfurt a. O. 1898.
8. Wendisch, Die Champignonkultur. 2. Aufl. Berlin 1897.
9. A. Cauchois, Manuel du champignoniste. Paris. (Libr. Horticole.)

Die Pilze der Pflanzenkrankheiten.

Die materialistische Geschichtsforschung hat die Behauptung aufgestellt, daß die wahre Ursache der deutschen Revolution vom Jahre 1848 in den fortgesetzten Kartoffelmißernten zu suchen sei, die seit 1845 dem Volke eines seiner wichtigsten Nahrungsmittel ungeheuerlich verteuerten und so die Zahl der Unzufriedenen, durch Not Erregten gewaltig vermehrt hätten.

Tatsache ist, daß um diese Zeit der Pilz Phytophthora infestans, der, seit etwa 1830 von Amerika eingeschleppt, da und dort die Kartoffel in ihrem Wachstum behinderte, plötzlich epidemisch auf weiten Landstrichen in solchen Mengen am Kartoffelkraut auftrat, daß es überhaupt fraglich war, ob man noch weiterhin Kartoffeln in Europa werde bauen können.

Aber die große Angst von 1848 ging vorüber und damit auch die Epidemie. Um 1850 war sie fast erloschen; hier und da flackert die Kartoffelkrankheit im Nordwesten in nassen Jahren bis heute noch auf, doch kam es seitdem nie mehr wieder zu solchen Verheerungen.

Der philosophierende Naturforscher sieht sich durch solche Tatsachen vor eine recht schwere Frage gestellt. Es gibt also auch im Pflanzenreiche den Begriff von Krankheit und Epidemie, damit auch für den Botaniker die gleiche Sorge, die den Mediziner drückt, wenn er Kranksein und epidemisches Sterben erklären soll.

Früher nahm man solche Sorge freilich auf die leichte Achsel. Das war kein Problem, sondern wenn die Kreatur an Seuchen verdarb, so war es Gottes Wille und kostete nur etwas mehr Buße und Opfer. Die haben wohl immer geholfen, weil die Seuchen stets verschwanden. Und so sind die Chroniken deutscher Städte voll behaglicher Ausmalung der Gottesstrafen, die dafür, daß der Übermut der Bürger den Zehnten verweigerte, die Fluren versengten mit Karbunkel, Rost und Brand. Höchstens zog man noch ein wenig Astrologie heran, um die Strafen des Himmels besser zu verstehen, so wie in des hochlöblichen Petri Laurembergii Rostochiensis „Horticultura“ von 1631, wo besonders den Plejaden und dem Orion schädlicher Einfluß auf die „heimlichen Übel“ der Fluren zugeschrieben wurde. Das Traurige an dem

Scherze ist nur, daß obbesagter Peter Lauremberg wohlbestallter Universitätsprofessor zu Rostock und seine wunderliche Weisheit die höchste „Bildung" war, die der lerneifrige Jüngling an Universitäten damals erwerben konnte.

Wenn man den heutigen Zustand der Wissenschaften und Menschen verstehen will, muß man diese alten Dinge mehr berücksichtigen, als es gemeinhin geschieht. Wir schämen uns, daß vor 200, ja noch vor 150 Jahren und in manchem sogar noch vor zwei Menschenaltern die Wissenschaft in derartigem Gestrüpp von Aberglauben steckte, und deshalb überblättern wir diese Zeugnisse nur zu gerne. Aber alles, was wir wissen, ist doch aus diesem Gestrüpp herausgewachsen! Noch sehr viel Wunderliches haftet von dieser Herkunft her auch dem heutigen Wissen an! Nie wird man es begreifen, warum es sogar unter den Männern der Wissenschaft Lobpreiser und Vertreter längst überholter Geistesrichtungen gibt, wenn man die Geschichte der Wissenschaft nicht kennt und daher ihre fortzeugende Kraft unterschätzt!

Gilt aber das von den Führern, wieviel mehr erst von der Heeresfolge! Unser Volk steckt mitten drin in einer Mißachtung des freien Denkens und Wertschätzung von vielen Behauptungen, zu deren Gunsten nichts anderes spricht, als daß sie schon vor Jahrhunderten aufgestellt und durch Unterdrückung der Denkfreiheit erhalten wurden. Oder könnte es sonst möglich sein, daß mehr als hundert Jahre nach dem Zeitalter Friedrichs des Großen im gebildetsten Volke der Erde Gelehrte und „Gebildete" zuhauf Gefolgschaft leisten einem Wiederaufleben der unzähligemal widerlegten Behauptung, außer und über der Natur stünden erst deren wahre bewegende Kräfte?

Wenn wir die Krankheiten der Menschen und Pflanzen, wenn wir die Zweckmäßigkeit und die Kräfte der Natur in einem „Gesetz übernatürlicher Fürsorge" suchen — dann können wir unsere Universitäten wieder in Mönchschulen rückverwandeln und aus unseren Laboratorien Verkaufsstätten für Lourdeswasser machen. Denn nach solch froher Botschaft ist Forschung nicht mehr vonnöten, wie ganz folgerichtig der alte Tertullian schon vor 1700 Jahren sagte, weshalb aus gleicher Konsequenz anno 529 der Kaiser Justinian die letzte wissenschaftliche Schule von Athen mit blutiger Gewalt schloß und ihre Stiftungen der Kirche überwies, worauf dann ebenso folgerichtig die europäische Welt langsam wieder in Barbarei auf lange hinaus unterging.

Der Menschengeist und die Erforschung der Natur haben sich immer erst dann entwickelt, wenn sie sich von dieser unfruchtbaren, weil alle Forschung hemmenden Hypothese abwandten, für die man stets eifrig Anhänger warb, wenn man es aus leicht durchschaubaren Gründen für notwendig fand, eine Entwicklung zu verlangsamen, die manche fette Pfründe bedroht.

Eine Naturforschung, die nichts anderes vor Augen hat, als den unbeugsamen Willen, sich von dem Wesen der Welt zu überzeugen, möge seine Erkenntnis auch noch so viel „historisch Gewordenes" unbrauchbar machen, ist also nicht nur ein gar undankbares, weil von vielen bedrohten Interessen angefeindetes Unternehmen, sondern sie ist auch der schwierigste Weg, um den fragenden Geist zu beruhigen. Oft genug schilt er sie ja als unfähig, verzweifelt in Ungeduld an ihren Leistungen und ihrem Werte und rennt wider die rätselhaften Wände des Gefängnisses, darin wir schmachten, und das man Beschränktheit des Menschengeistes nennt.

In solch betrüblicher Lage befindet sich auch die Lehre von den Pflanzenkrankheiten.

Wenn hier versucht wird, ihre Grundzüge dem Gebildeten und auch dem Praktiker zu entwickeln, so zwingt wissenschaftliche Ehrlichkeit, diesem Versuch das Geständnis vorauszuschicken, daß die folgenden Behauptungen, soweit sie sich nicht auf sinnliche Wahrnehmung beziehen, sämtlich hypothetischer Natur sind, und daß es derzeit noch keine Lehre vom Wesen der Pflanzenkrankheit gibt, die mit dem Gefühl innerer Sicherheit auftreten kann.

Da wäre gleich die erste und natürlichste Frage: Wann ist eine Pflanze als krank zu bezeichnen? Theoretisch kann man darauf kaum antworten, denn es läßt sich nicht der Tag bezeichnen, an dem z. B. eine an Eisenmangel leidende Pflanze ihre Verfärbung zuerst innerlich einleitet. Die Anwesenheit eines Fremdorganismus in ihrem Körper bedeutet auch durchaus nicht immer Erkrankung, wie die Wurzelknöllchensymbiose der Hülsenfrüchtler beweist. Auch die Praxis kann die Frage nicht beantworten, denn wenn wir als Krankheit alle jene Veränderungen an einer Pflanze bezeichnen, die deren Wert für uns herabsetzen, so ist das eine ganz unphysiologische Definition, die sich gar nicht mit dem Sinne des Begriffes vom „Standpunkt" der Pflanze aus deckt. Ein holziger Kohlrabi wäre dann wohl als krank zu bezeichnen, obgleich er ein ganz normales Leben führt.

Trotzdem hat man sich darein gefunden, den Begriff der Pflanzenkrankheit so aufzufassen, als ob die Pflanzen unsere „Sachen" seien, so daß wir vom Pflanzenarzt eine Heilung dann verlangen, wenn in Garten, Wald und Feld unsere Interessen bedroht sind.

Dieser erste Definitionsfehler hat natürlich seine schweren Folgen. Wenn man den Begriff „gesunde Pflanze" falsch bestimmt, kann man sich auch keine Vorstellung vom Wesen des Krankseins machen. Dadurch wieder wird es vereitelt, mit Erfolg nach der wahren Ursache der Krankheiten zu fahnden. Man unterscheidet wohl zwei Gruppen von Erkrankungen bei Pflanzen: solche, bei denen sich ein fremder Organismus, der von der Pflanze lebt, also ein Schmarotzer, einstellt und die Ursache des Leidens wird, und solche, denen Ernährungsstörungen, schädliche äußere Einflüsse und sonstiges zugrunde liegen, wobei man an durch Frost, Nässe, Dürre, Kalimangel leidende oder an verspillerte, vergeilte, bleichgewordene Pflanzen denken möge.

Aber die parasitären Erkrankungen, denen sich dieser Abschnitt vorzugsweise widmen soll, sind denn doch nicht so leicht erledigt. Wenn Phytophthora die Ursache der Krautfäule der Kartoffel, der Pilz Puccinia die Ursache des Getreiderostes, die Pilze Ustilago und Tilletia Urheber der Brandkrankheiten sind, wie kommt es, daß nicht alle Pflanzen eines Landstriches erkranken? Warum stehen gesunde dicht neben erkrankten, warum gibt es nur manchmal Epidemien, und wie verschwinden diese wieder? Jeder dieser Pilze erzeugt doch seine Sporen nach Zehntausenden, muß also die Nachbarpflanze seines Wirtes unbedingt anstecken!

Da sitzen wir vor derselben Barrikade, wie der Arzt, wenn er über die Wirkung der Bakterien nachdenkt. Gewiß, es ist dasselbe Problem — leider ist die Sorge des anderen für den Bekümmerten nur geringer Trost.

In dieser Not setzt in beiden Fällen die Prädispositionstheorie ein. Der Organismus ist aus manchmal bekannter (schlechte Witterung, ungenügende Ernährung, Angriff von tierischen Schädlingen), meist unbekannter Ursache geschwächt, vor-

bereitet, empfänglich, weniger widerstandsfähig gemacht, er ist zur Krankheit prädisponiert. Und nun nimmt man an, der Schmarotzer könne sich nur an solchen vorgeschwächten Pflanzen vergreifen. Diese Lehre hat Halt gefunden an der Erfahrung, daß es sogenannte Schwächeparasiten gibt. Solche sind z. B. gewöhnliche Schimmelpilze (Mucor, besonders Penicillium glaucum), die Kernobst oder Tulpen und Hyazinthenzwiebeln erst dann angreifen, wenn die Früchte überreif, die Zwiebeln aber nicht ausgereift sind, was in beiden Fällen etwas Abnormales, nämlich ein Übermaß an Zucker, mit sich bringt. Zahlreiche andere Saprophyten werden erst auf kränkelnden Pflanzen zu wahren Parasiten.

Man kann jedoch unmöglich übersehen, daß in allen diesen Hypothesen der Kern ein biologischer ist. Die Ursache des Krankseins steckt im Subjektiven der Pflanze, in der Lähmung ihrer Funktionen. Mit anderen Worten: es wird nicht lange mehr dauern, bis auch in der Pflanzenheilkunde ein Feuchtersleben auftritt, der in dem „Selbst" des Gewächses, in den abnormen Zuständen seiner Selbststeuerung, die wahren Ursachen der bisher unerklärlichen Stoffwechselstörungen sieht.

Soll man aus dem Für und Wider dieser Gründe ein Endgültiges herausschälen, so kann es wohl nur so viel sein: Die Pflanzenkrankheit ist ein im Wesen biologisches Problem. Will man sie heilen, muß man, so wie beim Menschen, die Lebensweise reformieren. Das ist meiner Meinung nach das Korn Wahrheit, das in den immer wieder aufgetretenen Behauptungen von der Degeneration der Kulturpflanzen steckt.

Wer biologisch denkt, wird es sich nicht verhehlen können, daß die unzählige Generationen hindurch einseitig gezüchteten, besonders gehegten und gepflegten Kulturgewächse „verzärtelt" sein müssen. Ihre Widerstandskraft kann nicht so durch Übung gestärkt sein, wie die von sich selbst überlassenen Wildlingen. Getreide, reichlich gedüngt, dicht beisammenstehend, vom Daseinskampfe so viel wie möglich befreit, verhält sich zur verwandten Quecke, so wie das Aristokratenkind zum wildaufwachsenden Bauernjungen. Dazu kommt noch Zerstörung der Lebensharmonie durch einseitige Steigerung gewisser Eigenschaften, einseitige Düngung, also unnatürliche Ernährung, kurz: alle Schädlichkeiten des Kulturlebens. Den Schluß daraus möge man selber ziehen.

Nicht übersehen soll man dabei jedoch auch die rein mechanisch bedingte Massenverbreitung von Rost, Brand und anderen Übeln, einfach dadurch, daß die Wirtspflanzen auf engstem Raum zu Tausenden beisammenstehen.

Allerdings ist es damit noch immer nicht ganz erklärt, warum die Klage der Gärtner allgemein ist über das Degenerieren der neuholländischen Myrtazeen, warum alle unsere berühmten Orangerien dahinsiechen, warum der Borsdorfer Apfel ausstirbt, die Apfelbäume immer häufiger krebsig werden, die guten alten Kartoffel- und Getreidesorten immer mehr eingehen, und wie die Klagen der Praktiker sonst noch lauten. Es mögen dabei die verschiedensten Umstände zusammenwirken. Aber immerhin ist das Verständnis dafür an einem wichtigsten Punkte angebahnt, wenn man die seit einigen Jahrzehnten neuerstandene Wissenschaft von den Pflanzenkrankheiten (Phytopathologie) nicht auf Parasitenkunde allein beschränkt, sondern sie ebensogut auch angewandte Physiologie sein läßt.

Berufsmäßig mehrere Jahre lang in diesem Fache tätig, fand ich, daß diese Überzeugung noch ebensowenig durchgedrungen sei, wie das biologische Denken in der

Medizin. Wir haben, namentlich in Deutschland und Österreich, ganz ausgezeichnete Sonderinstitute zu diesem Zweck, von denen das vornehmste die in Dahlem bei Berlin befindliche, sehr reich ausgestattete Biologische Anstalt für Land- und Forstwissenschaft ist.* Noch glänzender und geradezu einzig dastehend hat man im größten Getreide- und Obstland der Erde, in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, in wohlverstandenem Erfassen praktischer Wissenschaft ein Departement of Agriculture zu Washington für die Zwecke des Pflanzenschutzes ausgerüstet.

In allen diesen Instituten wird rastlos gearbeitet, das Leben der Schmarotzerpilze zwar bis in die intimsten Einzelheiten verfolgt, aber das Biologische an der Pflanze zu wenig ins Auge gefaßt. Es läßt sich deshalb unschwer vorhersagen, daß die Pflanzenheilkunde einen mächtigen und segensreichen Anstoß erhalten muß, wenn der neue Geist der Botanik auch ihre angewandten Wissenschaftszweige durchwehen wird.

Es steht jedermann frei, an diese Institute Material zur Bestimmung zu senden und sich um einschlägigen Rat zu bewerben. Trotzdem möge kein gebildeter Praktiker, sei er nun Landwirt, Gärtner oder Förster, es unterlassen, schon um die ihm zuteil gewordenen Ratschläge auch recht ausführen und verstehen zu können, sich eine Summe von Kenntnissen über die wichtigsten Pflanzenkrankheiten und krankmachenden Pilze zu erwerben. Es gehört dies nachgerade ebenso zu den Erfordernissen seines Berufes, wie man modern-intensive Landwirtschaft nicht ohne Wissenschaft erlernen kann. Dieses Wissen muß ein theoretisches und ein praktisches sein.

Schon deshalb, weil die Erkrankungen der Kulturgewächse durchaus nicht immer auf Pilze zurückzuführen sind, da auch Insekten, Mäusefraß, Würmer oft ähnliche Zerstörungen bewirken, sogar Temperatur, Niederschläge, Bodenverhältnisse und Düngung allerlei Flecken und Schrumpfungen zur Folge haben, schon deshalb kann man ein Übel seiner Pflanzenpfleglinge fast nie beurteilen, ohne das Mikroskop zur Hand zu nehmen. Der gebildete Gärtner oder Ökonom, der moderne Forstmann muß einfach die Anfangsgründe der Mikroskopie beherrschen, so wie er in der Physiologie der Gewächse von Grund aus beschlagen sein muß, da er sonst nie ein Meister seines Berufes wird, sondern immer nur Handlanger bleibt. Zum Glück kommt man gerade bei den für den Pflanzenpathologen nötigen Untersuchungen mit schwachen (unter 600fach) Vergrößerungen und ganz wenigen Hilfsmitteln aus**, und die mikrologische

* Ähnliche Institute sind für Süddeutschland die bayerische Station für Pflanzenschutz zu München, die Anstalt für Pflanzenschutz in Hohenheim bei Stuttgart. Österreich hat in Wien ein entsprechendes Institut, Ungarn in Ung. Altenburg, Frankreich in Paris, Belgien in Gembloux, Schweden eines (besonders für Rostkrankheiten) zu Albano und so fast alle Kulturstaaten bis nach Japan und Java, Ceylon und Amani in Deutsch-Ostafrika.

** Ich habe seinerzeit für Zwecke landwirtschaftlicher Berichterstatter des öfteren derartige Kollektionen zusammengestellt, die sich sehr gut bewährten und sich auf geringfügige Kosten beschränken, deren Liste wohl manchem Leser willkommen sein wird: 1 Mikroskop (40—600fach vergr. im Preis je nach der Güte des Instruments ℳ 70.— bis ℳ 120.—), 1 Lupe (ℳ 5.—), 1 Mikrometer-Okular (ℳ 5.—), 1 Leitfaden der Mikroskopie (ca. ℳ 5.—), 1 Besteck (Rasiermesser, Skalpelle, Pinzette, Präpariernadeln, Schere) [ca. ℳ 6.—], 50 Objektträger und Deckgläschen (ℳ 2.—), an Reagentien und Färbemitteln: Kalilauge, Chloralhydrat, Glyzerin, Glyzeringelatine, Asphaltlack, Jodtinktur, Chlorzinkjod, Safranin, Gentianaviolett (ca. ℳ 5.—), 1 Spirituslampe, 1 Spritzflasche, 10 Uhrgläser, 2 Glasglocken, 6 Petrischalen, 6 Pinsel (insgesamt ca. ℳ 6.—), also zusammen, abgesehen vom Mikroskop, etwa ℳ 34.—

Technik ſelbſt iſt bei einiger Liebe für den Gegenſtand von jedermann leicht zu erlernen.* Und wenn hierbei noch kurz auf die Anleitungen und Preisermäßigungen, auf die Lehrkurſe, Vertrauensmänner und die Bibliothek hingewieſen wird, welche die Deutſche mikrologiſche Geſellſchaft und deren Biologiſches Inſtitut in München jedem ihrer Mitglieder gewährt, das ſtrebend ſich bemüht, ſo kann man wohl behaupten, daß es, wenigſtens im Bereiche deutſcher Kultur, keinem Praktiker heute mehr ſchwer fällt, ſich jene wiſſenſchaftlich mikroſkopiſche Ergänzung ſeines Wiſſens zu erwerben, die ihm die alte Schule nicht bieten kann.

Als theoretiſche Ergänzung und Vorſtudium zu dieſer praktiſchen Bildungsarbeit, die ich nicht warm genug empfehlen kann, diene ihm aber folgende Lebensgeſchichte der paraſitiſchen Pilze.

* * *

Man kann die Roſtkrankheit der Getreidearten als die wichtigſte aller Pflanzenerkrankungen bezeichnen. Die Statiſtik der Landwirtſchaft verzeichnet, daß im „Roſtjahre“ 1891 Deutſchland 418 Millionen Mark Schaden erlitten habe. Ein Roſtjahr bedeutet für das Getreideland Ungarn am Weizen allein 10—18 Millionen Gulden Ausfall. Die Vereinigten Staaten weiſen noch gigantiſchere Zahlen auf und ſchätzten einmal ihren Schaden auf 1340 Millionen Dollars. Auſtralien verliert in einem Roſtjahr an 10 Millionen Pfund. Sogar in Vorderindien rechnet man mit einem jährlichen Ernteausfall im Werte von etwa 8 Millionen Mark.

Wenn man insgeſamt den Schaden, der unſerer Produktion durch paraſitiſche Pilze erwächſt, auf jährlich 300 Millionen Mark ſchätzen konnte, ſo gebührt alſo darin dem Roſt gewiß der Löwenanteil.

Ein geiſtvoller neuerer Nationalökonom, Nowikow, hat die ob ihrer Einfachheit verblüffende Theorie aufgeſtellt, daß die Not der Menſchheit die Folge einer zu geringen Ausnützung der Bodenſchätze ſei. Es wachſe einfach zu wenig Getreide, um alle ſatt zu machen, die auf dieſe Nahrung angewieſen ſind. Im Lichte ſolcher Erwägung gewinnt der Kampf gegen die Pflanzenkrankheiten noch einen ganz beſonderen Hintergrund. Wer uns dieſem Übel gegenüber gründlich hilft, gehört zu den größten Wohltätern der Menſchheit.

Sehen wir uns alſo vor allem den Übeltäter an, dem das Handwerk zu legen ſo überaus nützlich wäre.

Die Roſterkrankung wird durch einen Pilz aus der Gruppe der Hemibaſidiomyzeten (im engeren der Ordnung Uredinales zugeteilt) hervorgerufen, der nach mancherlei Umbenennungen heute den Gattungsnamen Puccinia führt, den ihm Perſoon gab.

Die Gattung Puccinia iſt in mehr als 1200 Arten über die ganze Erde verbreitet. Sie ſchmarotzt auf den Blättern vieler Gräſer, auf Schilf, Ranunkeln, Maiblumen, Orchideen, Riedgräſern, Kornblumen, Binſen und Wollgräſern, auf Knöterich, Pflaumenbäumen, Kornblütlern, Schneeglöckchen, Malven, Nelken, Steinbrechen uſw. Dies erweckt nun von vornherein Beſorgnis, daß bei einer ſo allgemeinen Verbreitung jedes

* Genügende Anleitung findet ſich in dem von der Deutſchen mikrologiſchen Geſellſchaft herausgegebenen „Elementarkurs der Mikrologie“. (Mikrolog. Bibliothek. Bd. I.) Stuttgart 1908.

Mittel versagen müsse, da eine Ansteckung doch von allen Seiten möglich sei. Wäre dem so, hätte der Getreidebau schon längst aufgehört. Die Natur kam dem Menschen glücklicherweise zuhilfe, indem sich alle diese Rostarten in ganz einzigartiger Weise „spezialisierten". Unter dem Ausdruck ist zu verstehen, daß die Sporen einer Rostart nicht auf allen, sondern nur auf einer ganz bestimmten Wirtspflanzenart keimen.

Prof. J. Eriksson, der in einem besonderen Institute bei Stockholm viele Jahre lang die Lebensgeschichte der Rostarten erforschte und dessen großem Werke über diesen Schmarotzerpilz wir hier vorzugsweise folgen, hat entdeckt, daß diese Spezialisierung des Rostpilzes in Einzelheiten reicht, an die man von vornherein niemals denken konnte. Man muß demgemäß hier physiologische oder biologische Arten unterscheiden. P. graminis, der gewöhnliche Schwarzrost des Roggens, hat z. B. sechs biologische Arten, d. h. es gibt Rassen dieses Pilzes, deren Sommersporen nur auf Roggenblättern keimen (P. gr. Secalis) oder nur auf Weizenblättern (P. gr. Tritici), nur auf Hafer (P. gr. Avenae), auf Straußgras (P. gr. Agrostis), Rasenschmiele (P. gr. Airae) oder Wiesenrispengras (P. gr. Poae). Man kann die Abkömmlinge der einen biologischen Art nicht auf den Nährpflanzen der anderen erziehen! Merkwürdigerweise beziehen sich diese Unterschiede nur auf das biologische Verhalten; äußerlich und entwicklungsgeschichtlich lassen sich keine Unterschiede zwischen den sechs Spezialformen aufdecken, und im alten systematischen Sinn muß man sie nach wie vor nur als eine Art betrachten.

Man brauchte sich also für die Praxis nicht um alle Rostarten zu kümmern, sondern nur um die wenigen, die sich auf unsere Getreidegräser spezialisierten. Von denen kommen praktisch nur die folgenden in Betracht:

der Schwarzrost (Puccinia graminis) mit seinen biologischen Arten
„ Weizenrost (P. triticina) [Weizen] „ „ „ „
„ Braunrost (P. dispersa) [Roggen] „ „ „ „
„ Gelbrost (P. glumarum) [Gerste] „ „ „ „
„ Kronenrost (P. coronata) [Hafer] „ „ „ „
„ Zwergrost (P. simplex) [Gerste] „ „ „ „

So war die Aufgabe des Pflanzenarztes sehr vereinfacht, und zugleich die erste Handhabe zur Bekämpfung gefunden. Bevor man da zugriff, versuchte man jedoch, gestützt auf die Entwicklungsgeschichte des Pilzes, einen anderen Weg zu gehen.

Diese Entwicklungsgeschichte zuerst aufgedeckt zu haben, ist ein großes Verdienst des vielgenannten Kryptogamenforschers A. De Bary.

Sie ist ganz abenteuerlich und demgemäß so schwierig zu erforschen, daß man sie bei vielen Rostpilzen nur unvollkommen kennt, sogar von unseren wichtigsten Getreidefeinden noch nicht alles weiß. Im wesentlichen spielt sich die Entwicklung des Rostpilzes etwa in folgenden Verwandlungen ab, die geradezu an die Metamorphosen mancher Insekten erinnern:

Ich wähle als Beispiel den häufigsten, also schädlichsten aller Rostpilze, P. graminis, so wie ihn uns Eriksson in seiner neuesten Studie über „P. gr. in der heranwachsenden Getreidepflanze" darstellt.

Fig. 1. = Gelbroſt (Puccinia glumarum Er. et Henn.). a = Teleutoſpore, b = Uredoſpore, c = Uredopuſteln auf Getreideblättern, d = Teleutolager auf dem Getreide, e = Uredolager auf den Ährchen, f = auf dem Getreidekorn, g = Uredo und Teleuto auf der Innenſeite der Spelzen, h = keimende Teleutoſpore, i = dieſelbe, mit ſich abſchnürenden Sporidien.

Fig. 2. = Braunroſt des Weizens (P. triticina Er.). a = Teleutoſpore, b = Uredoſpore, c und d = Uredo- und Teleutolager auf dem Blatt, e = keimende Teleutoſpore, f = dieſelbe mit abgeſchnürten Sporidien.

Fig. 3. = Schwarzroſt (P. graminis Pers.). b = Uredoſpore, daneben Teleutoſpore, c und d = Uredo- und Teleutolager auf der Getreidepflanze.

Fig. 4. = Äzidien (b) des Braunroſtes des Roggens (P. dispersa Er.) auf den Blättern der Ochſenzunge (Anchusa officinalis L.).

Fig. 5. = Spermogonien (a) und Äzidien (b) des Schwarzroſtes (P. graminis Pers.) auf den Blättern des Sauerdorns (Berberis vulgaris L.).

Alle Figuren ſind nach der Natur gemalt, mit Ausnahme von Fig. 1, h, i und Fig. 2, e und f, die Kopien nach Griffon darſtellen.

(STUTTGART)

Fig. 1. = Gelbrost [illegible] Urebosporen, e = Urebopustein auf Getreideblättern, d = Teleutolager auf dem Getreide [illegible] Urebolager auf den Blättern, f = auf dem Getreidekorn, a = Urebo und Teleuto [illegible] der Spelzen, b = [illegible] Teleutosporen, i = [illegible] mit [illegible] Sporidien.

Fig. 2. = Braunrost [illegible] Weizens [illegible] Urebosporen, c und i = Urebo- und Teleutolager auf dem Blatt [illegible] Teleutosporen, f = Diefeld, mit abgeschnurrten Sporidien.

Fig. 3. = Schwarzrost (P. graminis [illegible]) [illegible] Urebosporen, daneben Teleutosporen, c und [illegible] = Urebo- und Teleutolager auf der Getreideblattfläche.

Fig. 4. = Ziolenfeldes Braunrostes des Roggens (P. [illegible]) [illegible] Blättern der Ochsenzunge (Anchusa [illegible]).

Fig. 5. = Spermogonien (a) und Ziolen [illegible] Schwarzrostes (P. [illegible]) auf den Blättern des Sauerdorns (Berberis [illegible]).

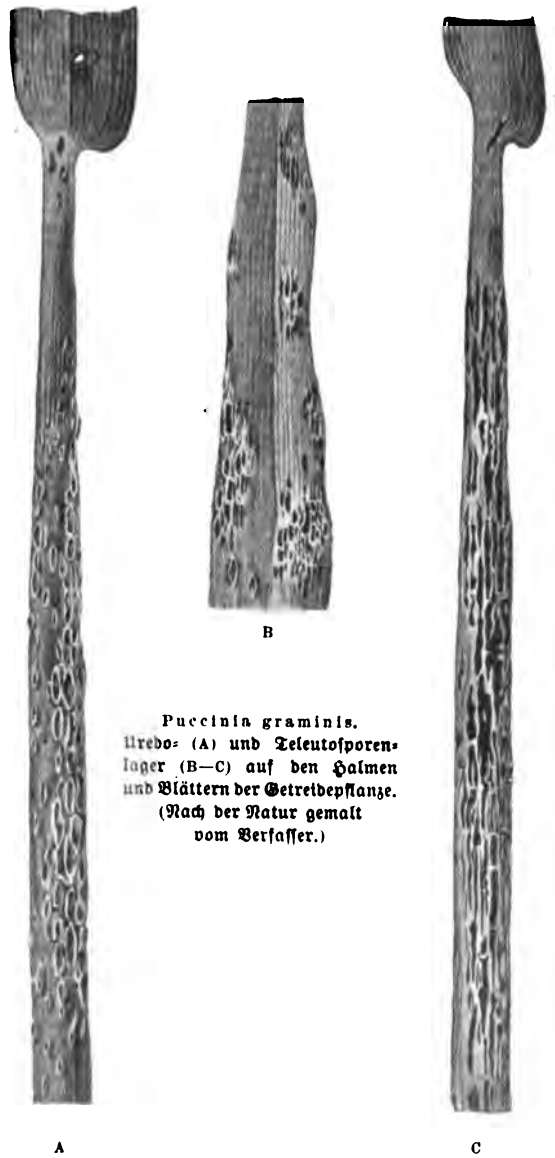
Alle Figuren sind nach der Natur gemalt, mit Ausnahme von Fig. [illegible] und Fig. 2 e und f, die Kopien nach Grifsson darstellen.

KOSMOS STUTTGART

DER GETREIDEROST UND SEINE ZWISCHENWIRTE.
NACH DER NATUR GEMALT VON R. H. FRANCÉ.

Im Frühling beginnt der Pilz in dem keimenden Getreide zu wuchern und die jungen Zellen der Blätter mit einem ſehr zarten Myzel zu durchziehen. Vom Mai an durchbricht dieſes Myzel in Knäueln die Oberhaut der Wirtspflanze und bildet die ſog. Uredoſporen in kleinen roſtroten Puſteln, die dem Pilze den Namen verſchafft haben.

Schon von ferne ſchimmert es dann fuchſig-golden über einem dem Roſt verfallenen Felde, das im Winde rotbraune Wolken entſendet. In dieſen Wolken verbreitet ſich das Unheil wie ein Flugfeuer; hauptſächlich durch die Uredoſporen infiziert ſich Feld um Feld.



Puccinia graminis. Uredo- (A) und Teleutoſporenlager (B—C) auf den Halmen und Blättern der Getreidepflanze. (Nach der Natur gemalt vom Verfaſſer.)

Dieſes Pulver muß man unter dem Mikroſkop kennen lernen. Da löſt es ſich in reizende orangefarbene, feines, öliges Plasma enthaltende, kugelige oder ovale Sporen, mit gezackter Schutzhaut umgeben, auf, in der vier Öffnungen dem ſpäteren Keimen zuliebe angelegt ſind (vergl. hier und im folgenden die Farbentafel des Getreideroſtes). Und nun überzeuge man ſich vom heimlichen Leben dieſes Kügelchens durch einen kleinen Infektionsverſuch. Friſch abgeſchnittene, geſunde Roggenblätter bringe man in eine Petriſchale auf feuchter Löſchpapierunterlage. Mit einem Pinſel wird ein wenig des Roſtpulvers daraufgeſtrichen. Ein Waſſertropfen erſetzt den Regen, der im Mai der vielgefürchtete Protektor des Roſtes iſt. Schon einen halben Tag ſpäter wird man zum Zeugen, wie fein und ſinnig das Innenleben einer Pflanzenzelle ſich auswirkt. So wie ich es auf einem der umſtehenden Bildchen feſthielt, ſieht man, wie ſich feine Plasmaſchläuche aus dem Sporenkorn herausſtrecken — und nach den Spaltöffnungen des Roggenblattes wachſen, um in dieſe, als die am ſchwächſten verteidigten Punkte, hineinzuſchlüpfen! Einmal darin, hat der kleine Pilz über die große Wirtspflanze geſiegt. Eine Zeitlang wuchert er unmerklich. Das Inkubationsſtadium währt etwa 10—12 Tage. Dann wird die Krankheit florid, wie eine Krankenbeſchreibung des Menſchenarztes ſagen würde;

neue Pusteln brechen auf, und neue Legionen von Sporen wandern mit dem Winde. Ein Sommer kann, wenn die Witterung dem Pilz günstig ist, d. h. wenn schwüles Wetter mit viel Regen und Wind wechselt, 3—20 Uredogenerationen das Leben schenken. Eine Spore kann also bis zum Herbst 20 mal mehrere Tausende Pflanzen anstecken, was, in der Volkswirtschaftsprache abgekürzt, als großer Ernteausfall bezeichnet wird.

Bis zum Hochsommer ändert sich aber die Lebensweise des Pilzes. Er nährt sich zwar noch immer auf Kosten des Getreides, wodurch dessen Wuchs kümmerlich wird und die Ähren mißraten, aber mit der staunenswerten, unbewußten Intelligenz der Pflanze, von der man nicht weiß, ob man sie hier nicht besser als eine Art Erinnerung an frühere Erfahrungen bezeichnen soll, sorgt er vor für den Winter! Die leichten, ungenügend verwahrten Sommersporen könnten doch nicht überwintern. So wie die Wasserkrebschen im Herbst andere, wohlgeschützte Eier produzieren als im Sommer, so handelt auch der winzige Getreidepilz „vorsorglich". Vom Juli an sprießen an den Blattscheiden und Halmen andere Sporen. Teleuto- oder Wintersporen nennt man sie und kann sie leicht daran unterscheiden, daß sie zweizellig, dick umhüllt und so dunkelbraun gefärbt sind, daß die durch sie gebildeten Sporenhäufchen schon mit unbewaffnetem Auge an ihrer schwarzen Farbe von den Uredopusteln unterschieden werden (siehe vorstehendes Bild und die Farbentafel, desgl. die Abbildung in Bd. I, S. 312).

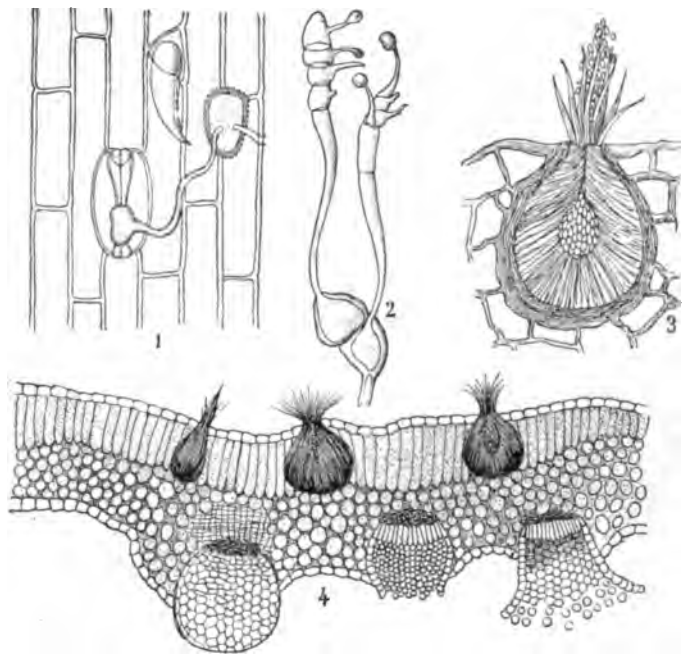
Diese Teleutosporen sind nicht sofort keimfähig; sie müssen erst überwintern. So ist überall zu lesen. Man beschränkt sich im Naturgeschichtsunterrichte darauf, diese Tatsachen vorzubringen, als ob sie selbstverständlich wären. Wir dürfen heute nicht mehr dabei stehenbleiben, sondern unser Interesse beginnt erst gerade da, wo die alte Naturforschung stehenblieb. Wir fragen, wie kommt es, daß die Wintersporen in Bau und Verhalten dem Erhaltungsbedürfnis des Pilzes derartig entgegenkommen? Und wir finden, daß eine Pflanze, die derartig ihre Bedürfnisse befriedigen kann, auf gleicher Stufe der Lebensgewohnheiten steht wie die Insekten, die für den Winter ihre Wohnstätten passend einrichten, oder ein Hamster, der Vorräte einträgt und die kalte Jahreszeit verschläft. Ich glaube nur, man soll hierbei das sich aus Gewohnheit so leicht einstellende Wort: Instinkt möglichst vermeiden, da es so recht nichtserklärend ist; wollen wir es aber anwenden, so können wir sagen, daß gerade das Instinktleben der Rostpilze von anziehendster Seltsamkeit ist. Man höre nur weiter.

Bei der Keimung der Teleutosporen, nach gewissen Kernvorgängen, entwachsen den beiden Zellen lange Schläuche (ein Promyzel), von denen sich Konidien abschnüren (Bild), die man überflüssigerweise mit einem Sondernamen als Sporidien bezeichnet. Nebenbei sei erwähnt, daß die Promyzelbildung mit ihrem Abschnüren der Konidien an kleinen Stielchen das systematische Merkmal gab, um die Rostpilze als Vorstufe der Ständerpilze, als Hemibasidii, zu erkennen.

In diesen Sporidien hat das Plasma seine chemische Reizbarkeit geändert, denn sie keimen nicht, wenn sie auf feuchte Getreideblätter fallen, sondern nur auf den Blättern des Sauerdorns (Berberis vulgaris) oder der Mahonia-Arten. Über diese Umwandlung der Reizbarkeit hat man sich weidlich ausgeschwiegen, denn mit den älteren Vorstellungen der Physiologie, wonach es nur auf chemischen Kräften beruhe, daß in den Sporen die Entwicklung ausgelöst werde (was übrigens bei einiger Überlegung nicht einmal der Schatten einer Erklärung ist), ist es in keiner Weise natürlich

gemacht, warum das Plasma ein und desſelben Pflanzenindividuums einmal dem vom Getreideblatt ausgehenden Reize folgt, das anderemal aber nicht! Man muß hier vielmehr ein dem „Subjektiven“ im Menſchen Analoges, ein eigenmächtiges, wollendes Selbſt der Pflanze in die Rechnung einſetzen, um ihr Fazit nicht übernatürlich zu finden.

Wenn der Roſtpilz in ſeinen Verwandlungen bis zum Sporidium gelangt iſt, fordert er aus noch unbekannter Urſache einen Nahrungswechſel — in dieſer Form darf man heute wohl den höchſt ſeltſamen Vorgang ausdrücken. Sucht man dafür ein ähnliches Beiſpiel in der Tierwelt, ſo möchte ich wohl an die Mordweſpen (z. B. Ammophila) erinnern, die im Larvenzuſtand die von ihrer Mutter kunſtgerecht betäubten Raupen verzehren, als entwickeltes Inſekt aber nur von Pollen und Blütenhonig leben.



Die Metamorphoſen des Schwarzroſtpilzes (P. Graminis Pers.). 1 = Keimende Uredoſpore, im Begriff, durch eine Spaltöffnung in ein Getreideblatt einzudringen. 2 = Keimende Uredoſpore, aus dem Promyzelium Sporidien entwickelnd. 3 = Durchſchnitt durch einer reife Pyknide (Spermogonium). 4 = Querſchnitt durch ein Blatt des Sauerdorns mit Pykniden (Oberſeite) und Becherfrüchten (Äzidien) [Unterſeite]. (Nach De Bary und Sachs.)

Der Keimſchlauch einer zufällig günſtig verwehten Sporidie dringt alſo in die Oberhaut der Sauerdornblätter, wächſt dort hauptſächlich zwiſchen den Zellen, die er ausſaugt, und bildet nach kurzer Zeit ſowohl auf der Unterſeite wie auf der Oberſeite des Blattes je ein merkwürdiges Organ (Bild!). Zuerſt werden die kleinen Spermogonien hervorgetrieben, mit freiem Auge anzuſehen wie ſchwarze Knötchen auf der Blattoberſeite (Tafel), ſeltener auch anderswo. Aus Hyphen erbaut ſich eine Taſche, in deren Innerem ſich am Ende von Fäden wieder unzählige Sporen (Spermatien genannt) abſchnüren, die in Schleim eingebettet herausdringen, in Nährlöſungen auch zum Keimen gebracht werden können, deren wahre Bedeutung für das Leben des Pilzes aber derzeit noch völlig unbekannt iſt! Vergleichen wir ſie mit dem, was man von dem Leben der Pilze ſonſt weiß, ſo errät man bald, daß die Spermogonien nichts als eine Nebenfruktifikation und zwar eine Pyknidenbildung ſind, ſicherlich beſtimmt zur Erhaltung der Art, aber ohne Einfluß auf den Gang der Metamorphoſe des Pilzes, der nun in der Ausbildung von Äzidien, zu deutſch Becherfrüchten, das Allerwunderlichſte produziert, das man ihm nur zumuten möchte.

Die Becherfrüchte entstehen an der Blattunterseite gegenüber den Pykniden oder an den Stielen und Früchten des Sauerdorns (Tafel) aus einem Geflecht von Pilzfäden. Geschützt von einer Hülle, schnüren diese in langen Reihen Äzidiosporen ab, die, mit dem Winde fliegend, den Chemotropismus von neuem „umgestimmt" haben, so daß sie für die Reize des Sauerdorns unempfänglich sind, wohl aber neuerdings auf Getreideblättern keimen. Indem sie dort nach 6—11 Tagen eine neue Uredosporengeneration hervorsprießen lassen, schließen sie den Entwicklungszyklus des Pilzes ab.

Dieser abenteuerliche Lebenslauf (man nennt ihn Heterözie), der sich auf zwei Wirtspflanzen abspielt, ist aber damit noch nicht in allen seinen Wundern durchschaut. Nein, erst jetzt, nachdem man einmal so weit war, begann man das eigentlich Unbegreifliche daran zu erblicken. Es wurde seinerzeit als ein großer Fortschritt gepriesen, als De Bary die alten Ahnungen der Landwirte, die den Sauerdorn „abergläubischerweise" immer ungern auf ihren Feldern sehen, wissenschaftlich rechtfertigte, und als man in einzelnen Staaten (z. B. Dänemark) durch gesetzliche Maßregeln die Berberitzen ausrottete. Der Jubel verhallte und — der Rost blieb nach wie vor. Man wurde darauf aufmerksam, daß es z. B. in Ungarn, in Schweden oder um die Elbemündung fast keine Berberitzen gibt, aber genug Schwarzrost. Eriksson wies nach, daß ein äzidientragender Sauerdorn überhaupt nur in einem Kreise von 25—30 m Halbmesser anstecken könne. In Ostindien ergab es sich, daß dort Berberis nur im Himalajagebirge gedeiht, trotzdem aber, 300 Meilen weiter in der Ebene, der Schwarzrost ständig am Getreide zehrt!

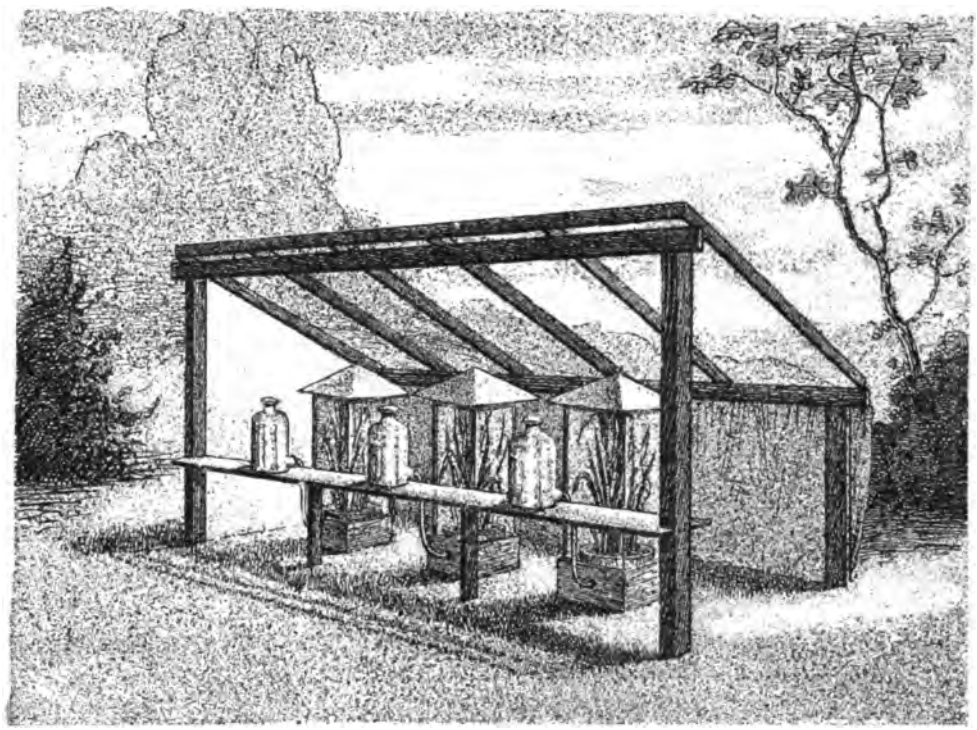
Also ist etwas an der schönen Rosttheorie nicht in Ordnung. Das Äzidienstadium ist auch nur eine Nebenfruchtbildung und gehört nicht zu den Lebensbedingungen des Pilzes. Mit anderen Worten, es galt nun zu untersuchen, ob die Teleutosporen im Frühling nicht doch das Getreide unmittelbar anstecken, oder aber, ob nicht die Uredosporen doch überwintern können. Soviel Versuche man nun auch mit den ersteren machte, sie blieben erfolglos. Uredosporen von P. dispersa und simplex wurden zwar in südlicheren Ländern überwinternd aufgefunden, aber viel zu selten, als daß dies die allgemeine Verbreitungsart des Rostes sein könnte. Man sah daher ein, es müsse also doch einen anderen Weg dafür geben.

Dies alles sagte sich Eriksson, als er mit bemerkenswertem Scharfsinn daran ging, dieses Dunkel zu erhellen. Er begann seine Arbeit wie jeder Forscher, der uns zu fundamental neuem Wissen verhalf: er glaubte keinem seiner Vorgänger. Mit äußerstem Mißtrauen bezweifelte er alles, was vor ihm war, und traute nur der eigenen Erfahrung und der Logik.

Er beschränkte sich natürlich nicht auf den Schwarzrost allein, sondern untersuchte alle bei uns verheerenden Rostarten. Und bald ergab sich da ein neues, schwer wiegendes Verdachtsmoment. Der Braunrost (P. dispersa Er.) steht in Zusammenhang mit einem Äzidium, das auf einem ziemlich gewöhnlichen Unkraut unserer Getreidefelder, der Ochsenzunge (Anchusa officinalis L.), vegetiert (siehe die Rosttafel). Der herrschenden Rosttheorie gemäß könnte also Braunrost nur dort auftreten, wo sein Zwischenwirt gedeiht. In Wirklichkeit verheert er aber doch die Getreidefelder Australiens und Nord-Amerikas, wo es überhaupt keine Anchusen gibt! Und nicht genug damit: Eriksson zeigte auch, daß der Gelbrost (P. glumarum) in Schweden gerade in trocken-

heißen Sommern viel beſſer gedeiht als in niederſchlagsreichen, was ſich wahrlich nicht vereinigen läßt mit der Annahme einfacher Sporeninfektion.

Mit unerſchöpflicher Geduld beobachtete er die Entwicklung des Roſtes auf der Getreidepflanze Tag für Tag und erlebte den Triumph zu bemerken, daß es oft ſchon neue Uredopuſteln des Schwarzroſtes im April gibt, alſo noch *vor* der Zeit, da ſich am Sauerdorn Äzidien bilden! Dieſe Infektion konnte alſo unmöglich von Äzidioſporen herrühren.



Kulturverſuche mit Weizen zur Prüfung der Mykoplasmatheorie.
Die Pflanzen werden in ſterilisierter Erde in Schränken kultiviert und mit ſterilisiertem Waſſer begoſſen.
(Original des Verfaſſers.)

Seine Aufzeichnungen ergeben ferner, daß der Roſt im Frühling ſtets von unten aus auftritt. Er zeigt ſich an dem älteſten Blatt und wandert gleichſam mit dem Wachstum der Pflanze mit. Hätte ihn nur der Wind herbeigeführt, könnte ſich dieſe Regel doch nie ergeben.

Und ſo verdichteten ſich die Vermutungen und wieſen alle darauf hin, *daß der Roſt in irgendeiner Form in der Pflanze überwintere*, daß ſein Krankheitskeim ebenſo erblich ſei, wie ſich Lues oder Tuberkuloſe vererbt. *Eriksſon* wandte nun folgende naheliegende Methode an. In ſterilisierter Erde in beſonderen Vegetationsſchränken (ſiehe das Bild), unter allen erdenkbaren Vorſichtsmaßregeln wurde der Samen roſtkrank geweſener Pflanzen aufgezogen. Und trotzdem jede äußere Infektion verhindert wurde, brach an den Verſuchspflanzen binnen 4—6 Wochen neuerdings der Roſt aus!

Damit schien die Sache entschieden, war aber noch nicht aller Bedenklichkeiten bar. Denn im Samen, in der jungen Pflanze, fand sich keine Spur des Parasiten. Erst kurz vor Ausbruch der Sporenhäufchen trat auf einmal Myzel auf, und der Natur der Sache nach ließ es sich doch nicht mit aller Sicherheit feststellen, woher es kam.

Auf Grund so vieler Erfahrungen stellte der schwedische Forscher seine Myko-plasmatheorie auf, von der ihrer großen theoretischen Bedeutsamkeit halber schon des öfteren in diesem Werke die Rede war (vergl. Bd. I, S. 312). Sie setzt voraus, daß sich der Rostpilz mit dem Plasma seiner Wirtspflanze so innig vermischen könne, daß beide zeitweilig zu einem Körper verschmelzen. So schleppe das Getreide sein Übel im Leibe herum, und deshalb sei die Hoffnung so gering, jemals dieser Krankheit völlig Herr werden zu können.

Ich habe diesen Dingen mehr Raum gegönnt, denn sie sind an sich ein fesselnder Ausschnitt aus dem Leben eines Naturforschers. Auch kommt es mir darauf an, zu zeigen, mit welch äußerster Skepsis und Gewissenhaftigkeit die Naturforschung heute zuwege geht. Denn so einschmeichelnd und überzeugend auch das alles klang — es fand sich niemand in der gelehrten Welt, der sich davon verführen ließ. Wohl aber setzte man vielerorts mit Nachuntersuchungen ein. Und man wurde immer mißtrauischer, als die Kulturversuche mit rostkrankem Getreide durchaus nicht so ausfielen, wie es die Theorie verlangte. In dieser Not betrat Eriksson einen neuen Weg, der eigentlich gleich anfangs offen lag, aber übersehen wurde. Er verfolgte mit mikroskopischen Untersuchungen Schritt für Schritt das Wachstum des Pilzes in der Getreidepflanze. Was er sah, habe ich in Wort und Bild schon in Bd. I, S. 316—318 vorgeführt und bitte, es dort noch einmal nachzulesen. Er fand dadurch seine Theorie bestätigt, und da man ihm auf diesem Gebiete folgen konnte, meldet sich nach und nach endlich mancher Naturforscher, der sich ihm anschließt und die alte Rosttheorie mit der neuen Hypothese ergänzt, daß der Rostpilz auch mykoplasmatisch die ganze Getreidepflanze durchseucht und, im Samen wandernd, zur Frühlingszeit auch ohne Uredoinfektion und Äzidien das Übel neu aufflackern läßt.

Wenigstens ich muß die Sache aus den oben erwähnten inneren logischen Gründen und nach eigenen Erfahrungen (da ich mich damit zwei Jahre lang befaßte) so auffassen, ohne aber damit das Urteil meiner Leser, die nun in das Für und Wider eingeweiht sind, vergewaltigen zu wollen.

Gelegentlich einer persönlichen Aussprache mit Prof. Eriksson über diese Frage verriet er mir übrigens, daß er an Puccinia Malvacearum, dem Malvenrost, der in manchen Beziehungen günstigere Untersuchungsverhältnisse bietet als die Getreide-rostarten, neuerdings Bestätigungen seiner Anschauung gewann, ebenso durch das Studium anderer Pflanzenkrankheiten (so des Stachelbeermeltaues). Es erfüllt sich dadurch die logische Forderung, daß zu mykoplasmatischen Zuständen auch bei anderen Pilzkrankheiten die Möglichkeiten gegeben seien.

Es ist mir ganz wahrscheinlich, daß diese Art von Vereinigung lebender Wesen in der Natur überhaupt weit verbreitet sei, und wenn ich hier diese Gedankenkette fallen lasse, so ist es nur, weil ich mir das Flechtenkapitel als den passenderen Platz ausgesucht habe, um den dabei zudrängenden naturphilosophischen Gedanken nach-zugehen.

Das ist alles schön, wird man sagen, aber eigentlich interessiert uns am Rost weniger die Naturphilosophie, als die ganz nüchterne Praxis: wir möchten ihn gerne loswerden, und die Milliarde, die man dadurch rund gerechnet für Kulturzwecke jährlich auf Erden ersparen könnte, wiegt immerhin so schwer wie das netteste philosophische System.

Ich bin nun zwar der letzte, der sich entrüstet, wenn man von der Wissenschaft Bedientendienste fordert, denn sie soll ja nützlich sein, möchte aber solchem Standpunkt gegenüber doch um etwas Geduld bitten. Es sind noch nicht einmal 50 Jahre her, daß man Menschen, die sich mit solchen einst für sehr unnützlich gehaltenen Untersuchungen beschäftigen, Brot und Leben ermöglicht, und 50 Jahre Naturforschung sind wie ein paar Tropfen, um einen Sonnenball zu löschen, dessen Glut das Näherkommen verbietet. Die Natur ist etwas so Unfaßliches, so Großes, so Verwickeltes bis in ihr Kleinstes hinein, daß jeder, der schon einmal versucht hat, aus eigenem Verstande eine ihrer Erscheinungen zu verstehen, sich viel mehr darüber wundert, daß man es schon so weit gebracht hat, als daß er von einem Bankerott des Wissens spricht. Dieses Schlagwort konnte ja auch nur dort aufgebracht werden, wo Wünsche und nicht Kenntnisse Eltern der Gedanken sind.

Kreuzdorn (Rhamnus cathartica) mit den Äzidien (an der Unterseite zweier Blätter) des Kronenrostes (P. coronifera). (Original des Verfassers.)

So muß man sich auch in der Rostfrage wundern, daß angesichts einer dermaßen schwierigen Sachlage dem Landwirt dennoch schon mit Nutzen manches geraten werden kann.

Wir empfehlen heute nicht mehr allein das völlige Ausrotten des Sauerdorns, der Ochsenzungen oder des Kreuzdorns (Rhamnus cathartica), auf dem nämlich die Äzidien des Kronenrostes (P. coronifera) unseres Hafers leben (s. Bild), obzwar es gewiß von Nutzen ist, diese Gewächse nicht in unmittelbarer Nähe der Ackerfelder zu dulden. Viel mehr Nutzen erwuchs uns aus der Erkenntnis, die ich als roten Faden

in unsere ganze Darstellung eingeflochten habe, daß das Übel ein physiologisches Problem sei, weshalb man auf die Selbsthilfe der Pflanze rechnen könne.

Jawohl, mit dieser tröstlichen Überraschung schließt für uns die Rostfrage. Keine Apothekermittel, sondern Naturheilkunde! Dieser Kampfruf erschallt auch in der Pflanzenmedizin. Durch vergleichende Anbau- und Infektionsversuche hat man die Erfahrung gemacht, daß es rostwiderstandsfähige Getreidesorten gibt. Und mit ihnen ist dem Landwirt wirklich gedient, wenn er mit der nötigen Einsicht vorgeht und sich aus der langen Liste der wenig rostempfänglichen Sorten jene heraussucht, die sich auch im übrigen unter den Sonderverhältnissen seines Bodens und des lokalen Klimas bewähren.*

Ganz rostfrei sind natürlich auch diese Sorten nicht, und wir sind trotz ihrer der Sorge noch immer nicht enthoben. Aber ein verheißungsvoller Weg tut sich auf, den man gegenwärtig in zahlreichen landwirtschaftlichen Versuchsstationen auf das eifrigste verfolgt.

Daneben ist auch mancher andere Wink nicht zu verachten, wie etwa der, die stets mit Rostpilzen behafteten Gräser der Feldraine zu verbrennen, was deswegen empfehlenswert ist, weil Getreiderost auch auf die allenthalben verbreitete Quecke (Agropyrum repens) u. a. übergeht. Auch das wird der Landwirt leicht einsehen, warum man rostkrankes Stroh verbrennen, warum man rostkranke Stoppeln gleich nach der Ernte tief umpflügen soll und warum später Anbau des Getreides nicht von Vorteil ist!

Als Kuriosum sei übrigens erwähnt, daß es auch Rostpilze vertilgende Mückenlarven gibt. Es sind das kleine, ziemlich häufige Cecidomyiden-Maden, die zu Hunderten an rostkranken Pflanzen ausschließlich von dem Verzehren der Uredosporen leben und durch Massenauftreten sicherlich die Verbreitung des Übels mit einschränken helfen.

Neben den Rostpilzen beschäftigt sich die Mykologie des Landwirtes wohl am meisten mit der Brandigkeit des Getreides**, deren Ursache man in den Brandpilzen (Ustilaginae) entdeckt hat, nachdem im Laufe der Zeiten darüber die abenteuerlichsten Geschichten verbreitet waren. Man hat den Brandpilz für eine Pflanze gehalten, die keine Eltern hat, man gab ihn für ein „Geschwür" des Pflanzenleibes aus und hat sich in wunderlichen Einbildungen abgejagt, bis endlich Tulasne, De Bary und namentlich der um die landwirtschaftliche Botanik hochverdiente Prof. Julius Kühn die wahre Natur der sonderbaren Pflanze endgültig feststellten. Aber sie hat auch noch heute etwas Unfaßbares behalten und führt ein Leben von ganz eigener Art, wie wir gleich hören werden.

Es ist auch ein ganz ungewohnter Anblick, wenn man, zur Getreidereife in den Feldern sich ergehend, Brandähren erblickt. Im Hafer oder an Gerste und Weizen sind sie wie verkohlte, taube Ähren anzusehen oder als Steinbrand des Weizens kenntlich an den ungewöhnlich gespreizten Ähren. Wenn man ein Korn daraus nimmt, zerstäubt daraus zwischen den Fingern ein schwarzes, übelriechendes und schmieriges Pulver.

---

* Als rostwiderstandsfähige Getreidesorten haben sich erwiesen: der Epweizen, der amerikanische Sandweizen und Dümel, von Roggen: die Schlanstädter, Pirnaer, Probsteier, Bestehorn, Zeelander, Champagner Sorten, ferner Anderbecker, Probsteier Hafer, sowie „Heines ertragreichster Hafer".

** Der Brandschaden wurde z. B. in Schweden auf jährlich 7½ Millionen Kronen geschätzt.

Man kann sich mit dem unsympathischen Eindruck erst versöhnen, wenn man etwas von dem Pulver im Mikroskop betrachtet. Das gewährt einen wahrhaft prächtigen Anblick. Jedem Mikrologen ist übrigens das Bild der Brandsporen geläufig, denn in den Tümpeln oder zwischen Moosen finden sie sich durch den Wind verweht, auf den das schwarze Brandpulver berechnet ist. Verschleppt wird es indes noch mehr durch den landwirtschaftlichen Betrieb. Denn wenn zwischen das Saatgut Brandkörner gelangen, zerstäuben sie beim Dreschen bald, dann haften die Sporen durch die Zacken, mit denen ihre Außenhülle geschmückt ist, den gesunden Getreidekörnern an. Der Baron v. Gleichen, ein dilettierender Naturforscher des 18. Jahrhunderts, aber hat es schon ausprobiert, was das heißen will. Bei Infektionsversuchen erntete er, wenn er reines Saatgut säte, nur 3 brandige Ähren gegen 340 gesunde, dagegen 166 kranke gegen 175 gesunde, wenn er Brandkörner im Saatgut ließ!

Dies gab zugleich den Fingerzeig, wie man sich vor dem Schaden bewahren könne. Schon Kühn hat darauf aufmerksam gemacht, daß Kupfersalze den Pilz töten, ohne die Keimfähigkeit des Getreides zu beeinträchtigen, und darauf gründet sich eine Methode, die sehr gute Erfolge erzielt*.

So konnte in diesem Fall die Praxis der Theorie in gewissem Sinne vorauseilen, denn es scheint nun eigentlich für den Praktiker ziemlich gleichgültig zu sein, welche Arten von Brandpilzen es gibt und wie sie sich in der Getreidepflanze entwickeln. Das zu wissen, hat anscheinend jetzt nur mehr wissenschaftlichen Wert.

Der Wissenschaftler unterscheidet etwa 50 Brandpilzformen, von denen der Flug- oder Staubbrand des Getreides Pilze aus der Gattung Ustilago umfaßt, die man nach den Wirtspflanzen als M. tritici, avenae und hordei unterscheidet, (Bilder siehe S. 406) eine Trennung, die übrigens auch durch die Lebensweise gerechtfertigt wird.

Sporen der ersten zwei Arten keimen sofort, wenn sie vom Winde auf eine entsprechende Getreideblüte geweht werden. Sie bekunden eine überraschende Orientierung, da sie ihren Keimschlauch, so wie es ein Pollenkorn des Getreides tut, in den Griffel senden und darin bis zum Fruchtknoten wachsen. Dort verhält sich der Pilz dem Wesen nach so, wie es Eriksson vom Mykoplasma behauptet. Nichts verrät ihn; die Wirtspflanze entwickelt sich wohlgemut, bildet ihr Kindchen aus und schickt es, scheinbar ganz gesund, auf seine Lebensreise. Trotzdem steckt der Schmarotzerpilz darin, und zwar erkennt man ihn schon im Getreidekorn. In dem und um das Schildchen, also in der Anlage der jungen Pflanze, sitzt er zwischen den Zellen in Form dicker, kurzer Fäden, die sich sofort rühren, wenn das Getreidekorn keimt. Wieder verrät der Pilz eine gewisse Orientierung über das Innere der Getreidepflanze. Es sind wohl chemische

* Aus meiner Praxis empfehle ich das Linhartsche Beiz-Verfahren: man löst 1/2 kg Kupfervitriol in 1 l Wasser und setzt dann in einem alten Petroleumfaß noch 99 l Wasser zu. Das Saatgut bringt man in geflochtenen Weidenkörben in diese Lösung. Ein Arbeiter hält den Korb, der andere wäscht mit den Händen das Getreide gut durch und schöpft die leichten, obenschwimmenden Brandkörner ab. Dann nimmt man das Getreide heraus, vermengt es 5 Minuten lang in Kalkwasser (6 kg gebr. Kalk in 100 l Wasser). Schließlich wird es auf Tüchern aufgeschüttet, trocknen gelassen, aber bald ausgesät. Andere Methoden bedienen sich warmen Wassers oder arbeiten mit Ceres pulver, Bordelaiserbrühe oder Formalin.

Reize, die ihn leiten, wenn er nun die dem Vegetationspunkt zunächst liegenden Gewebeteile aufsucht und dann besonders in der Nähe der Gefäßbündel (was wieder mit seiner Ernährung zusammenhängen mag) mit der Pflanze in den Interzellularen solange wächst, bis sie ihre Blüten auswirft. In diesem Stadium beginnt auch der Pilz zu „blühen", was gewiß wieder eine sehr nachdenklich stimmende Anpassung ist. Er bildet nun Brandsporen durch Zerfall der Pilzfäden. Man hat diese lange Zeit für das eigentliche Fortpflanzungsgebilde gehalten, bis Brefeld, der den Brandpilzen eine seiner klassischen Untersuchungen zuwandte, nachwies, daß die Brandsporen nichts anderes denn eine Anpassung des Pilzes an den drohenden Untergang seien. Er kann sich in der Blüte nicht mehr weiter entwickeln, sein eigener Entwicklungsgang aber ist noch nicht abgeschlossen — in dieser Not schafft er sich eine eingelegte Ruhepause. Er bildet Dauerzellen. Das sind die Brandsporen. Sie erfüllen das Innere des Getreidekornes und prellen so die Getreidepflanze um ihre Lebensmühe. Dies gemahnt an Tücke, und es entbehrt nicht des Dramatischen, wenn man als Forscher bemerkt, daß die Getreidepflanze sich gegen den Feind, den sie im Leibe trägt, zu wehren sucht. Er besiegt sie nur dann, wenn er seinen Platz in ihrem Wachstumsscheitel behaupten kann. Bleibt er zurück, dann wird er von ihr abgekapselt und muß sterben, was so oft vorkommt, daß nach Brefeld der Haferbrand nur 0—1 % der Haferpflanzen um ihr Kind bringen kann, wenn er sie als ältere Keimlinge befällt, dagegen bis 20 %, wenn er an eben keimende Getreidekörner herankann.

Er infiziert sie nicht als Brandspore, sondern als sogen. Sporidie, die sich erst von fädigen Trägern abschnürt, nachdem die Brandspore gekeimt hat (Bild S. 406). Mit anderen Worten, die eigentliche Frucht des Ustilagopilzes ist nicht die Brandspore, sondern die Sporidie. Und diese entwickelt sich erst im Erdboden, beziehungsweise im brandsporenhaltigen Dünger, in den der Brand gelangt, wenn man brandiges Getreide verfüttert. Verwundert fragt man sich angesichts dieser Behauptung, wieso sich denn bei einer derartig „unzweckmäßigen" Lebensweise der Fall ereignen könne, daß vor oder gelegentlich der Ernte in den Ackerboden gelangte zarte Sporidien lebensfähig auf Getreidekörner gelangen, da solche doch erst mehrere Monate später gesät werden. Aber der Brandpilz hat seine „Unzweckmäßigkeit" zu korrigieren gewußt. Bekanntlich sind gerade die Brandpilzkonidien zu ununterbrochener Hefesprossung befähigt, und durch sie erhalten sie sich lange genug im Erdboden*. Das ist nach Brefeld die wahre biologische Bedeutung der Hefen.

Der Haferbrandpilz gelangt durch sie auf Getreidekörner, infiziert sie und dreht von neuem sein Lebensrad.

Der Praxis war damit eine wesentliche Lehre geboten. Sie verstand nun, wieso denn trotz des Beizens immer wieder Brand auftritt, und so lernte sie schließlich doch, daß man nie der theoretischen Botanik entbehren könne, wenn es auch manchmal den Anschein hat.

Von den mehreren Dutzend Brandpilzarten, die sich von den Kulturpflanzen nähren, kommen neben den schon genannten Flugbrandarten noch besonders Tilletia tritici (Bjerk.) Wint. und T. laevis in Betracht, die den Steinbrand des

* Ihre Keimkraft nimmt aber im Verlaufe der Hefegenerationen ab, weshalb Brefeld empfiehlt, nur alten Dünger zu verwenden.

Weizens (auch Schmier- oder Stinkbrand genannt) bewirken. Beide Arten erzeugen dasselbe Übel, nur ist die erste in Europa, die letztere in Nordamerika häufiger. Sie werden verraten durch das eigentümlich gespreizte Aussehen der Ähren, deren Körner durch sie in heringartig riechendes, schwarzes Pulver verwandelt werden (Bild S. 406). An einer höchst auffälligen Brandkrankung leidet nicht selten der Mais (siehe das Bild). Ustilago Maydis (D. C.) Tul., ihr Urheber, verursacht wahrhafte Pilzgallen, die manchmal die Größe eines Kindskopfes erreichen und sich auf alle Teile der Pflanze erstrecken können, was auf die Vermutung gebracht hat, daß hier nicht eine Allgemeinerkrankung vorliege, sondern daß jede Brandbeule die Folge einer Einzelinfektion sei, wie es sich dann durch Brefeld wirklich nachweisen ließ.

Ustilago Crameri. Ustilago Maydis Tul.

Brandige Kolbenhirse (Ustilago Crameri) und Mais mit einer durch U. Maydis Tul. verursachten Pilzgalle. (Nach Aquarellen vom Verf.)

Das Zusammenleben der Maispflanze mit ihrem Brandpilz vollzieht sich übrigens in Formen, aus denen sich weittragende Schlüsse auf das Innenleben der Pflanze ziehen lassen. Die Brandbeule wird nämlich durch den Mais in besonders reichlicher Weise mit Stärke, also mit Nährstoffen, ausgestattet. Dem Pilz wird die Existenz so geradezu behaglich gestaltet durch eine Selbsttätigkeit seines Opfers, die wirklich nur den Sinn haben kann, den ihr ein so angesehener Forscher auf diesem Gebiete, wie Prof. P. Sorauer, in seinem Handbuch der Pflanzenkrankheiten auch zuspricht, wenn er sagt: „Augenscheinlich erreicht die Pflanze durch die Darbietung von Nährstoffen durch den Pilz den großen Vorteil, daß die Fäden lokalisiert bleiben, während sie andernfalls zur Erlangung der nötigen Nährstoffe größere Gewebestrecken durchwuchern und schädigen müßten."

Diese vollständig im Sinne der Pflanzenpsychologie gemachte Bemerkung leitet auf einen ganz neuen Weg zur Beurteilung der Pflanzenkrankheiten. Wie in diesem Falle der forschungsanregende Wert dieser Theorie auf der Hand liegt, so kann man auch erwarten, daß die Pflanzenseelenlehre im allgemeinen dem Pflanzenarzt noch manchen Wink zu geben, vielleicht sogar das Wesentlichste zu sagen hat.

Bezüglich der Praxis sei übrigens noch bemerkt, daß der Beulenbrand nicht durch Beizen der Maiskörner bekämpft werden kann, da er sich doch nur durch die den Ackerboden infizierenden Luftkonidien der Sporen verbreitet. Man steht ihm so ziemlich ratlos gegenüber und kann nichts anderes tun, als die Beulen ausschneiden und verfüttern, was angeblich für die Tiere sehr nahrhaft sein soll. Von den übrigen Brandarten ist nicht viel zu sagen. Ich verweise auf die vorstehende Abbildung des Kolbenhirsenbrandes (U. Crameri), und möchte hinzufügen, daß der Hirsebrand (U. Sorghi [Link] und U. cruenta Kühn), der Brand des Zuckerrohres (U. Sacchari Rab.), der Rispenhirse (U. Panici miliacei [Pers.] Wint.) sowie der zahlreichen Gräser, Wiesen- und Gartenpflanzen biologisch durch viel Merkwürdiges fesseln. So haben sich z. B. Ustilagoarten (U. violacea) der Nelke auf die Staubbeutel der Blüten spezialisiert, und statt des Pollens rieselt zur Zeit des Blühens aus diesen dunkelviolettes Sporenpulver. Wollte man aber auf alles das eingehen, so würde der Umfang dieses Werkes ins nicht zu Bewältigende anschwellen. Der Reichtum der Natur geht über unsere Kraft, und wir können uns nur dem Wichtigsten zuwenden.

Eine solche, weil im Kulturleben sehr verhängnisvoll gewesene Getreidekrankheit bezeichnet man als Mutterkorn, in manchen Gegenden auch als Hahnensporn oder Hungerkorn.

Die Geschichte der Medizin hat schaudervolle Berichte darüber aufbewahrt, von welchen Leiden die europäische Menschheit durch Unwissenheit gefoltert wurde, als die unbedingte Herrschaft einer naturfeindlichen Weltanschauung jede naturwissenschaftliche Bildung ertötet hatte. Man möchte es nicht für möglich halten, daß 500 Jahre lang Franzosen und Deutsche immer wieder mutterkornhaltiges Brot aßen, davon epidemisch auf die qualvollste Weise erkrankten und nicht auf das Naheliegende gerieten, durch ein wenig Beachtung ihrer Nahrung ihrem Leiden abzuhelfen. Der Mutterkornpilz (Claviceps purpurea) erzeugt an den Getreideähren die gemeinbekannten violettbraunen Hörnchen, die man heutigentags sorgfältig aus dem Getreide auslieſt, weil man durch die Naturforscher gelernt hat, daß sie giftig sind. Als aber die Naturforschung für ein Teufelswerk galt, und sie daher keiner betreiben wollte, hat man das Mutterkorn ruhig zu Mehl vermahlen, und wenn in einem feuchten Sommer der Roggen besonders mutterkornreich war, erkrankten dann Tausende und aber Tausende am entsetzlichen Sacer ignis, am Höllenfeuer, weniger romantisch Kriebelkrankheit genannt. Mit dem Gefühl des Ameisenkriechens in den Gliedern begann es und führte entweder zu Nervenkrämpfen und durch Tobsucht zum Tode oder zu dauernder Blödheit oder zu einer brandigen Entartung der Finger, Zehen und der Nase, die mit den gräßlichsten Verstümmlungen der armen Opfer ihrer Unwissenheit endete.

Wie viel Elend mag das bedeutet haben, wenn man uns berichten konnte, daß vom 9.—13. Jahrhundert die Krankheit im westlichen Europa ununterbrochen herrschte und man dagegen nichts zu tun wußte, als die Erinnerung an einen ägyptischen Einsiedler namens Antonius hilfesuchend anzuflehen! In der Kirche zu St. Didier la Mothe sollen viele dadurch genesen sein — „wahrscheinlich weil die Mönche, die selbst gesundes Brot aßen, den Kranken davon gaben," sagt der Geschichtsschreiber dieser Epidemie. Im allgemeinen aber sind die meisten gestorben, und das war wohl das Beste für sie, angesichts einer solchen Seuche, die — es ist geradezu haarsträubend — noch bis 1771

alle paar Jahrzehnte in Heſſen, Schleſien, im Vogtland, in der Schweiz, in Weſtfalen und Hannover ſo wütete, daß von hundert Kranken oft kaum vier als Blödſinnige oder Krüppel am Leben blieben. Und noch heute iſt ſie nicht ausgeſtorben, weil auch der Unverſtand nicht tot iſt.

Die mörderiſche Subſtanz dieſes Pilzes beſteht nach neuen Angaben im Archiv der Pharmazie (1906) aus den Alkaloiden Ergoſterin, Ergotinin, Hydroergotinin, wozu ſich Laktonſäure, Betain, Cholin und Klavin geſellen, von denen die erſtgenannten die Krampf- und Brauderzeuger ſind, während das Clavin die bei manchen Frauenleiden unbezahlbare Wirkung beſitzt, Uteruszuſammenziehungen zu veranlaſſen. Das Mutterkorn wird deshalb vom Apotheker gekauft und in manchen Gegenden im großen geſammelt. Deutſchland iſt der Mittelpunkt dieſes Handels, der unternehmende Köpfe leicht dazu anregen könnte, ſich der modernen Technik der Pilzforſchung bedienend, durch künſtliche Infektion aus einem kleinen Roggenfeld eine ſehr ſchöne Rente zu gewinnen. Die neueren Fälle von Ergotismus (wie man die Kriebelkrankheit wiſſenſchaftlich nennt) rühren übrigens faſt nie davon her, daß man Mutterkorn ins Brot backt, ſondern daß da und dort eine unglückliche Bauernmagd auf den Gedanken gerät, durch Mutterkorn eine ihr drohende Mutterſchaft abzuwenden ....

Längsſchnitt durch den Fruchtkörper des Mutterkornpilzes bei Lupenvergrößerung. (Original-Mikrophotographie von H. Hinterberger, Wien.)

Sehen wir uns nun den kleinen Schädling mit den Augen des Naturforſchers an, ſo wäre zu bemerken, daß die Eigenheiten ſeiner Fortpflanzung auf einen Schlauchpilz deuten. Sein Lebensgang ſpielt ſich etwa in folgendem Kreislauf ab:

Aus den aus dichtverfilztem Pilzgewebe zuſammengebackenen Hörnchen kann man, wenn man ſie auf feuchtem Sand naß hält, mit Leichtigkeit die eigentlichen Pilzfrüchte erziehen*, die ſich auf abgefallenen Sklerotien im Frühjahr von ſelbſt einſtellen. Sie ſchießen als ſeidenglänzende, roſig-violette Stielchen auf, an deren Ende ein Köpfchen ſitzt. Obige treffliche Photographie gibt einen vergrößerten Schnitt durch ein ſolches Köpfchen wieder. Der Pilzkundige ſieht daraus, daß er Perithezien vor ſich

* Beſonders wenn man das Sklerotium erſt überwintern ließ.

hat, gefüllt mit Sporenschläuchen, in denen wieder je acht Sporen ruhen. Und eine kurze Berechnung führt zu dem netten Ergebnis, daß aus einem Köpfchen rund eine Million Sporen mit der Kraft des „Antoniusfeuers" in sich in alle Winde zerstäubt.

Sie fliegen im Frühling mit dem Mailüftchen und bleiben am zarten Federchen der Gras- und Getreideblüten hangen. Und da beginnt von neuem das Kunststück, das wir staunend beim Brandpilz verfolgten. Auch der Mutterkornpilz weiß den Fruchtknoten zu finden, er weiß die Getreidepflanze in seinen Dienst zu nehmen und veranlaßt sie, aus der Narbe ihrer Blüte reichlich Nektar abzusondern. Der Landmann sagt dann seufzend, daß nun der Honigtau sein Korn befallen habe.

Getreidepilze.

1 = Septoria gramineum Desm. (Pyknide). 2 = Ustilago hordei. 3 = Claviceps-Sklerotien auf Roggen. 4 = Tilletia tritici auf Weizen. 5 = Keimende Brandspore von Tilletia tritici. 6 = Keimende Brandspore von Urocystis occulta mit Sporidien. 7 = Perithezium von Ophiobolus graminis Sacc. 8 = Ustilago Maydis, Brandspore in Hefesprossung. 9 = Erisyphe graminis auf einem Getreideblatt. (1 = Original des Verfassers. 2—4 = Originale von Prof. Dr. A. Heineck. 5—8 = Nach Rostrup, Sorauer und Brefeld.) 2—4 natürl. Größe. 1, 5—9 stark vergrößert.

Diese Honigtaubildung ist eine wundersame biologische Erscheinung. Es ist noch nicht ganz geklärt, ob der Honigtau von den Pilzfäden selbst erzeugt, oder ob er ursprünglich von der gereizten Blüte ausgeschieden wird. Im letzteren Fall wäre die Herrschaft des Pilzes über die Blüte, im ersteren seine Zwecktätigkeit das Staunenswerte. Denn der süße Saft erfüllt den biologischen Zweck, Insekten, namentlich Schwebefliegen anzulocken, welche die Konidien, die der Pilz um diese Zeit reichlich abschnürt, verschleppen.

Dem Landwirt war es schon seit langem klar, daß der besonders im Morgennebel eigentümlich riechende Honigtau mit dem Mutterkorn in Zusammenhang stehen müsse, denn in Jahren, da viel Honigtau blinkt, wuchert auch der Schädling. Nun ist die Sache auf das einfachste erklärt. Die im Honigseim schwimmenden Konidien verbreiten das Übel. Jeder davon ergriffene Fruchtknoten gestaltet sich 8—12 Tage nach seiner Honigtauperiode zu einem Sklerotium um, das als Dauerkörper zur Erntezeit abfällt und im Boden überwintert, um im Frühling seines Daseins Kreis zu wiederholen.

Da an einer Ähre 10, manchmal noch mehr Sklerotien entstehen können, ist der Ernteausfall nicht unbeträchtlich. Und wenn man auch durch die neuzeitlichen Getreidereinigungsmaschinen ziemlich gesichert ist, daß Mutterkorn nicht mehr ins Mehl gerät, so hat doch der Landmann alle Ursache, ihn zu vertilgen. Leider geht das nicht so leicht. Claviceps befällt alle Getreidearten, es geht auch auf wildwachsende Gräser über, verbreitet sich durch die Luft — lauter erschwerende Umstände. Rasche Ernte, die das Ausfallen der Sklerotien verhindert, beugt für das nächste Jahr vor; Abmähen der Gräser auf den Feldrainen vor dem Blühen trägt zum Schutze bei.

Leider ist auch mit dem Mutterkorn noch nicht die Liste der Getreideschädlinge erschöpft, wenn auch die „kleinen Übel": der Meltau (Erisyphe graminis), die Streifenkrankheit (Helminthosporium gramineum), der Halmtöter (Ophiobolus graminis) u. a. im allgemeinen deshalb wenig schaden, weil sie nur selten auf größerer Fläche verheerend auftreten (Bilder auf S. 406).

Da nun dieser Abschnitt des vorliegenden Werkes auch als Lese- und Lernbuch für Landwirte gedacht ist, wird man es wohl mit Vergnügen sehen, wenn hier statt weitschweifiger Beschreibung eine kleine Tabelle eingeschaltet wird, wie man die wichtigsten Pilz-Getreideschädlinge ziemlich sicher erkennt:

Krankheiten der Blätter.	Weißgrauer Schimmel an ganz jungen Blättern und Halmen deutet auf Meltau (Erisyphe graminis D. C.).
	Braune, langgezogene Flecken auf Gerstenblättern auf Helminthosporium gramineum.
	Gelbwerden und Vertrocknen der Blätter von unten auf, besonders bei Weizen auf Blattpilze (Septoria, Sphaerella u. a.). Pyknidenbildung!
	Schwarzwerden der Blätter und Halme in feuchten Sommern, dunkle Myzelrasen = (Cladosporium herbarum.)
	Gelbrote, später schwarze Pusteln auf Blättern und Halmen = Rost (Puccinia).
Krankheiten der Halme.	Die Halme des Roggens knicken im Juni um, Myzel im Halm = Roggenhalmtöter (Leptosphaeria herpotrichoides D. C.).
	Die Halme des Weizens werden vorzeitig bleich, sind am Grunde geschwärzt, Perithezien und Myzel im Halm = Weizenhalmtöter (Ophiobolus herpotrichus).
	Die obersten Halmglieder des Roggens haben lange Schwielen, nach deren Aufreißen schwarzes Pulver heraustritt. Sporen nicht zweizellig wie bei Rost = Roggenstengelbrand (Urocystis occulta Rab.).
Krankheiten der Ähren.	Gerste, Hafer, Weizen verstäuben aus dem Korn schwarze Brandsporen = Staubbrand (Ustilago).
	Weizenähren blaugrün, gespreizt, Korn voll Brandpulver = Steinbrand (Tilletia).
	Aus den Ähren quillt Honigtau, später bilden sich braune Hörnchen = Mutterkorn (Claviceps).

Bei dieser Anleitung ist die Kenntnis dessen vorausgesetzt, was aus dem Kapitel der Biologie der Pilze erlernt werden konnte, ebenso der Gebrauch des Mikroskopes. Wer dazu die vorstehenden Abbildungen zu Rate zieht, wird bald die angeführten elf wichtigsten Getreidekrankheiten zu erkennen, wenn auch nicht zu heilen wissen. Denn besondere Hilfsmittel gegen Meltau, Halmbrecher oder Blattpilze gibt es nicht, oder ihre Anwendung ist auf dem Ackerfelde zu kostspielig. Man befreit sich aber von Sorge, wenn man weiß, mit welchem Feinde man es zu tun hat, ob er zu den Mächtigen oder den Schwachen gehört.

Krautfäule der Kartoffel, durch Phytophthora infestans verursacht. Links unten „fleckige" Kartoffel, rechts oben dieselbe im Längsschnitt. (Original des Verfassers.)

Neben dem Getreide kommt für die Pflanzenheilkunde auch noch die Kartoffel in Betracht. Sie war lange Zeit sogar das ärgste Sorgenkind des Landmannes durch die verheerende Krautfäule. Wenn nun diese glücklicherweise heute auch ebenso gegenstandslos geworden ist wie der Koloradokäfer, vor dem einst der Kartoffelbauer nicht weniger zitterte, so hat man doch keine Gewähr, ob sich die Plage nicht eines Tages wiederholen kann.. Da aber eigentlich die Kartoffel für die Ernährung des Volkes ebenso wichtig, wenn nicht wichtiger geworden ist als die Getreidefrüchte, so tat sich damit eine unbehagliche Perspektive so lange auf, bis nicht gegen den Phytophthorapilz ein praktisch verwendbares Gegenmittel gefunden war. Über ein solches verfügt man glücklicherweise heute zum großen Triumphe der jungen Pflanzenpathologie.

Der Kartoffelpilz (Phytophthora infestans) zeigt sich in feuchten Sommern gewöhnlich schon im Juni—Juli auf den Kartoffeläckern und macht das Laub „brandfleckig". Gelbe, braunschwarze Flecken mit weißem Rande nennt man so (siehe das Bild), die sich rasch verbreiten und im schlimmsten Fall ein Feld binnen wenig Tagen total „abbrennen" lassen. Auch auf die Knollen geht der Schädling über, durchsetzt sie, macht sie trockenfaul oder weich, mißfarben und ungenießbar.

Das Mikroskop enthüllt ihn als ein ganz sonderbares und einfaches Wesen aus der Klasse der Algenpilze. Er verrät sich dem Beschauer übrigens schon dadurch, daß er die Unterseite der kranken Blätter mit weißem Reif überzieht, woran der Fachmann

die Krautfäule leicht von anderen Blattflecken unterscheidet. Man erkennt den Pilz aber nur im vergrößerten Bilde mit Sicherheit, am besten dadurch, daß man aus frischen kranken Kartoffelschnitten auf feuchtem Löschpapier erst 1—2 Tage lang die Fortpflanzungsorgane des Pilzes sprießen läßt, zur Unterscheidung von gewöhnlichen Schimmelpilzen.

Phytophthora hat nämlich Sporenträger nach Art der verwandten Plasmopara des Weinstockes. Aus den Sporen (die aber eigentlich Sporangien sind) schlüpfen im Wasser bald bewegliche Schwärmsporen aus. Das sind die eigentlichen Verschlepper der Krautfäule, weil sie auf Laub und Knollen keimen.

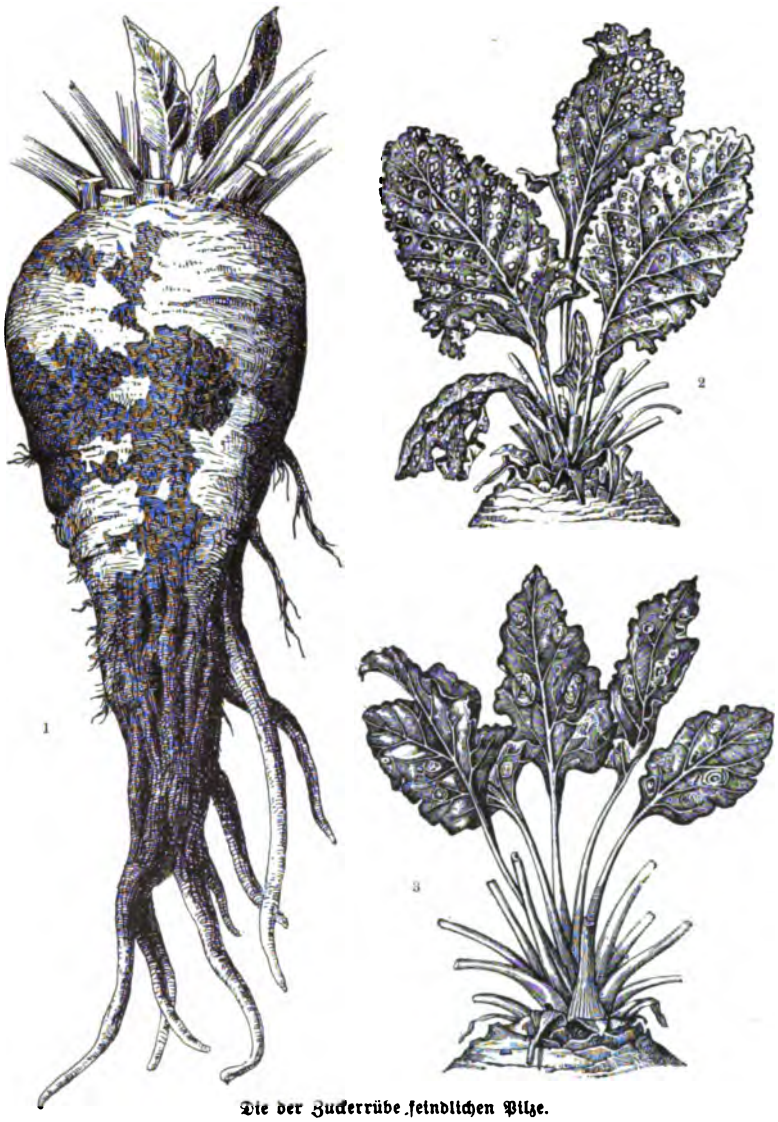
Man schützt sich gegen sie durch das mächtige Spezifikum in der Hand des Pflanzenarztes, durch die Kupfersalze. Zwar kann man damit nicht den Herd des Übels, das Innere der Knollen, wo der Pilz überwintert, treffen, aber immerhin hat man durch Bespritzen des Krautes mit Kupferkalkbrühe (Bordeauxbrühe), worüber bei Bekämpfung der Weinstockkrankheiten die nötigen Winke nachgesehen werden mögen, derartige Erfolge erzielt, daß die Krautfäule heute keinen Einsichtigen mehr schreckt, besonders da man auch durch die Bevorzugung der dickschaligen roten Kartoffelsorten, die dem Pilze gut widerstehen, die direkte Bekämpfung durch Vorbeugungsmaßregeln erleichtern kann.

Man wird also nicht auf den guten Rat zurückgreifen müssen, der um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, als einige hundert Arbeiten erschienen, um gegen die Kartoffelpest zu helfen, ganz überzeugt gegeben wurde, daß zur Bekämpfung der Krautfäule die — Schwefelhölzer beseitigt werden müssen. Besagter Volksfreund und pfiffige Ratgeber hatte nämlich berechnet, daß die damals neu aufgekommenen Schwefelhölzer die Luft so verschlechterten, daß sich daraus die Kartoffelpest leicht erklären lasse. Nicht so ganz fern von diesem scharfsinnigen Forscher möchte ich übrigens eine neuere Arbeit des französischen Botanikers Bernard einreihen, dem es durch Experimente gelungen sein soll, nachzuweisen, daß die Kartoffelknolle überhaupt ein krankhaftes Produkt sei. Ihr Erzeuger ist nach unserem Gewährsmann der Pilz Fusarium Solani (Mart.), Sacc., ein allgemein verbreiteter gemeiner Schimmel, von dem andere Botaniker behaupten, daß er und seine Verwandten Trockenfäule und Kräuselungen des Laubes bewirken.

Bernard behauptet dagegen, in steriliſiertem Boden knollenfreie Kartoffeln gezogen zu haben, und beruft sich auf Zeugnisse, daß seinerzeit die Kartoffeln nicht gedeihen wollten, weil eben nach ihm noch kein Fusarium im Boden war. Seine Arbeit trat im Jahre 1900 auf; seitdem ist es stille geworden darüber, und so kann man sie wohl nur zu der großen Zahl der kuriosen Reliquien rechnen, deren es auch in den Tempeln der Wissenschaft nicht wenige gibt.

An diesem Punkte ist eine kleine Warnung ganz wohl am Platze. Es gibt nun einmal keine Heilkunst ohne Kurpfuscher und Heilmittelschwindel. Wenn der würdige Leibarzt versagt, vertraut man sich gerne sogar dem Scharlatan an, im Menschen- wie im Pflanzenleben. Auch in der Pflanzenheilkunde werden also von Händlern ununterbrochen neue „unfehlbare“ Mittel angepriesen. Schwungvolle Reklame, wohlklingende Namen verfehlen auch da ihre Wirkung nicht, denn der von so viel Nöten verfolgte Landwirt ist immer wieder gläubig-dankbar, wenn man ihm Tabellen und Laboratoriumversuche vorlegt über neue Krankheiten und ihre „totsicheren“ Heilmittel.

Es ist nicht nötig, Namen zu nennen; man präge sich nur ein, daß sich im Laboratorium gar manches anders abspielt als auf dem Ackerfelde, weil eben Versuchspflanzen nie jene Naturburschen sind wie die ungepflegten, aber auch nicht verzärtelten Pflanzen im freien Lande. Man muß sich also sehr davor hüten, vom einen auf das andere zu schließen, denn im Versuchsgarten oder gar im Glashause, wo man ein paar hundert Pfleglinge unter sich hat, läßt sich sehr leicht irgendeine Heilbehandlung, eine Schwefelung, Beize oder Bespritzung ersinnen und mit Erfolg anwenden, die niemals ein Gemeingut der Praxis werden kann, weil sie auf den weiten Ackerflächen, bei zehn- und hunderttausend Pflanzen manchmal mehr kosten würde, als die Ernte wert ist, oder sich überhaupt gar nicht durchführen läßt. Gelehrsamkeit macht da manchmal einen Bocksprung, über den der Praktiker lächelt. Das konnte alle Welt an dem Kampfe wider die Reblaus sehen; ebenso kann ich es an einem kleineren Beispiel, das ich sehr gut kenne, mit ergötzlichen Bildern belegen, wenn ich nun zu den Krankheiten der Zuckerrübe übergehe.



Die der Zuckerrübe feindlichen Pilze.
1 = Der Wurzeltöter (Rhizoctonia violacea). 2 = Blattfleckenkrankheit, durch Cercospora beticola veranlaßt. 3 = Blattbräune, durch Sporidesmium putrefaciens hervorgerufen. (Nach der Natur gemalt vom Verfasser.)

Vorausschicken möchte ich, daß die Zuckerrübe besonders von jenen als Paradestück vorgeführt wird, die in der Pflanzenheilkunde den Standpunkt vertreten, daß die

Wurzelbrand der Rübenkeimlinge durch Phoma Betae verursacht.

Pykniden von Phoma Betae Fr. mit sich entleerenden Sporen. Daneben Sporen. Stark vergrössert.

Herzfaule Zuckerrübe

Wurzelbrand der Rübenkeimlinge durch Phoma Betae verursacht.

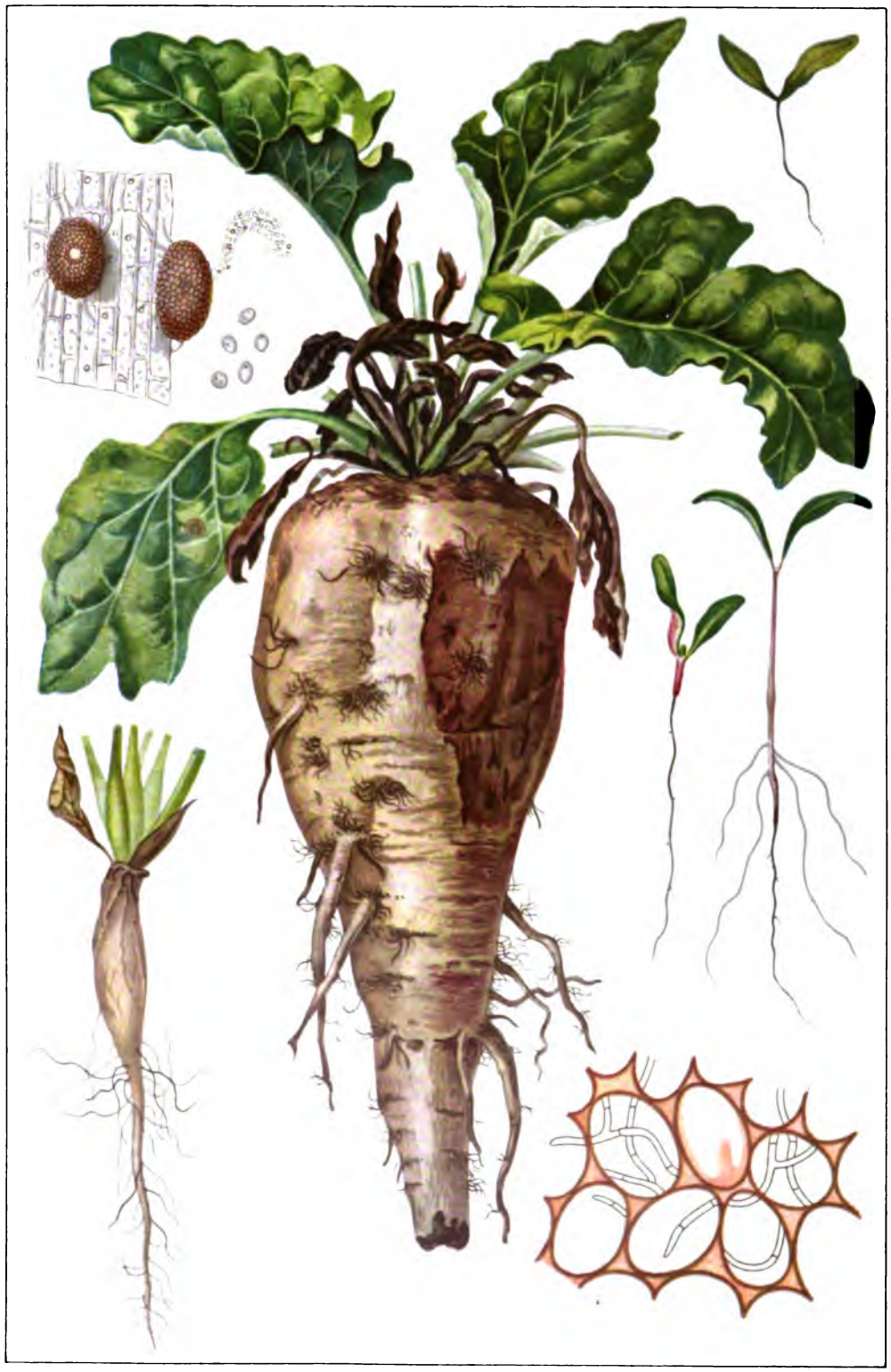
Junge Rübe, die durch starke Verkorkung den Pilzbefall überwindet.

Querschnitt durch den hypokotylen Teil eines wurzelbrandigen Keimlings mit den Myzelfäden von Phoma.

Pyknides von Phoma
Beta: Fr. mit sich ent-
leerndes Sporen.
Dunklen Sporen. Stark
vergrössert.

Wurzel rand von Cuscu-
tella durch P. Phoma
Betae verursacht.

Herzfäule
Zuckerrübe



HERZFÄULE UND WURZELBRAND DER ZUCKERRÜBE (PHOMA BETAE).
NACH DER NATUR GEMALT VOM VERFASSER.

KOSMOS
STUTTGART

Degeneration unserer Kulturpflanzen die eigentliche Ursache der immer häufiger sich meldenden Epidemien sei. Jedenfalls können sie mit Recht darauf hinweisen, daß die Zuckerrübe gegenüber den sonstigen Vertretern ihrer Familie ein einseitig hochgezüchtetes, durch und durch empfindliches Ding sei, das von mehr Krankheiten heimgesucht wird als die übrigen Pflanzen, vielleicht mit Ausnahme des Weinstockes, um den es ja auch sonst ähnlich bestellt ist.

Vom Keimling bis zur eingelagerten Rübe saugen an ihr Feinde und Parasiten, und die Rübe ist geradezu wehrlos dagegen.

Auf den Blättern treten Rostpusteln auf (Uromyces Betae), oder es meldet sich ein Ausschlag von Flecken, die mit einem roten Saum umgeben sind, woran man den Pilz der Blattfleckenkrankheit (Cercospora beticola, siehe Bild) erkennt. Die Blätter werden auf größeren Flächen gleichmäßig braun, woran man den Pilz Sporidesmium putrefaciens (Bild) erkennt. Auf der Blattunterseite stellt sich ein grauer Schimmelüberzug ein, der Rübenmeltau (Peronospora Schachtii), oder das Herz, die innersten Blätter des Rübenschopfes, vertrocknen, wie auf unserer Farbentafel ersichtlich. Ursache dieser Herzfäule ist der Pilz Phoma Betae Fr.

An den Rüben selbst erzeugt Phoma den trockenen Schorf (Farbentafel); die auf S. 142 beschriebenen und dort auch farbig abgebildeten Bakterien bewirken die Schwanzfäule und das Vertrocknen der äußeren Blätter. Ein roter, krustiger Überzug der Rüben (siehe das Bild) verrät den Pilz, den man den Wurzeltöter (Rhizoctonia violacea) genannt hat. Die Liste der Schädlinge ist also wirklich erschreckend groß, die Liste der Schutzmittel aber noch viel erschrecklicher kurz.

Man empfiehlt zwar in manchem theoretischen Buche allerlei, als da sind: Abblättern der kranken Pflanzen, Bespritzen des Laubes mit Kupferbrühe oder Beizen der Rübensamen mit 2%iger Kupferkalklösung, und das hilft auch recht erfreulich — im Versuchsgarten. Aber da man mich in die „Magdeburger Börde", das schönste Rübenland Deutschlands, rief und mir Äcker zeigte, die auf viele hundert Meter hin durch Blattflecken verdorben waren, da schwieg ich fein still mit meiner Wissenschaft vom Spritzen und Abblättern. Der Rübenbauer hätte mich ja ausgelacht, wenn er es sich ausrechnete, wie wenig die Zuckerfabrik für die Rübe zahlt, und wieviel Tagelohn und teure Bordeauxbrühe ihn das kosten würde. Fast soviel wie der in Aussicht stehende Ausfall an „Rübengewicht" und dazu vielleicht noch etwas mehr, wenn Regen das Spritzen wieder aufhebt oder am Ende die teure Kur nicht viel hilft. . . .

Soviel genügt wohl, um den manchmal sehr unangenehmen Zusammenprall zwischen Theorie und Praxis anzudeuten.

Die Sache hat aber zuweilen noch eigenartigere Seiten.

Deutschland ist der Mittelpunkt des Rübensamenhandels. Bei uns sind die größten und gediegensten Rübsamenzüchter, und sie exportieren jährlich um viele Millionen Samen nach dem Osten Europas, wo zwar ausgedehnte Rübenländereien sind, aber nicht immer so viel Intelligenz sich findet, um tadellosen Samen selbst zu züchten. Da gab es nun ehrgeizige Regierungen, die nach dem alten Grundsatze, man dürfe das Geld nicht in das Ausland lassen, mit scheelen Augen auf unseren Rübensamenexport blickten.

Nun verbreitete sich vor Jahren das Gerücht, der deutsche Rübenbau stehe vor einer neuen Katastrophe. Der Wurzelbrand, der drei Ursachen hat: den Pilz Phoma,

den Pilz Pythium De Baryanum und Bakterien, wüte dort in unheimlicher Weise; die Pilze steckten auch die Samenrüben an, der deutsche Rübensamen sei verseucht. So sagte man. Den Beweis lieferte das Laboratorium. In den Keimtellern, nach denen der Samenkäufer die Güte des Kaufes beurteilt, war oft die Hälfte und noch mehr aller Keimlinge wurzelbrandig und schwarzbeinig (siehe die Farbentafel).

Das war ein merkwürdiger Berührungspunkt zwischen Pilzkunde und Finanzpolitik.

Schrotschußkrankheit der Pflaumenblätter, durch den Pilz Septoria verursacht. (Nach der Natur gezeichnet vom Verfasser.)

Heute spricht niemand mehr vom Gespenst des Wurzelbrandes. Das Übel tritt zwar auf, dezimiert da und dort die Keimlinge stark, so daß man schon 25—100% Schaden konstatiert hat — aber nur dann, wenn ein kalter Frühling und ungünstige Bodenverhältnisse die Vorbedingungen der Krankheit: Schwäche und Siechtum der Keimlinge, geschaffen haben. Es gibt nämlich auch einen Wurzelbrand, der nur aus physiologischen Ursachen zustande kommt, gegen den also nicht Beizen und Samenschälmaschinen, sondern gute Düngung und Bodenbearbeitung schützen.

Namentlich den Phoma-Pilz hat man als Schädling bedeutend überschätzt, wie sich jetzt herausstellt, nachdem die erste Panik vorbei ist, die vielleicht nicht ganz aus wissenschaftlichen Motiven entstand. Man ist durch neuere Versuche sogar zur Überzeugung gekommen, Phoma sei ein Schwächeparasit, d. h. völlig gesunde, robuste Pflanzen seien vor ihm sicher.

Und die Lehre aus dieser kleinen Geschichte? Der Landwirt tut am besten, nicht alles zu glauben, was als drohendes Schreckgespenst hingestellt wird — ein Gefühl der Sicherheit hat er mit Recht, wenn er alles getan hat, um der Rübe zur raschen Kräftigung zu verhelfen — im übrigen gestehen wir resigniert, aber ehrlich: Gegen die Rübenkrankheiten sind wir eigentlich machtlos, wenn sie einmal ausgebrochen sind.

Nicht so übel bestellt ist es jedoch um den Praktiker bezüglich der Pilzkrankheiten der Obstbäume. Wenn irgendwo sich die Spritzmethoden bewähren, so ist es im Obstgarten, und wer jemals den großen Unterschied gesehen hat, der so häufig

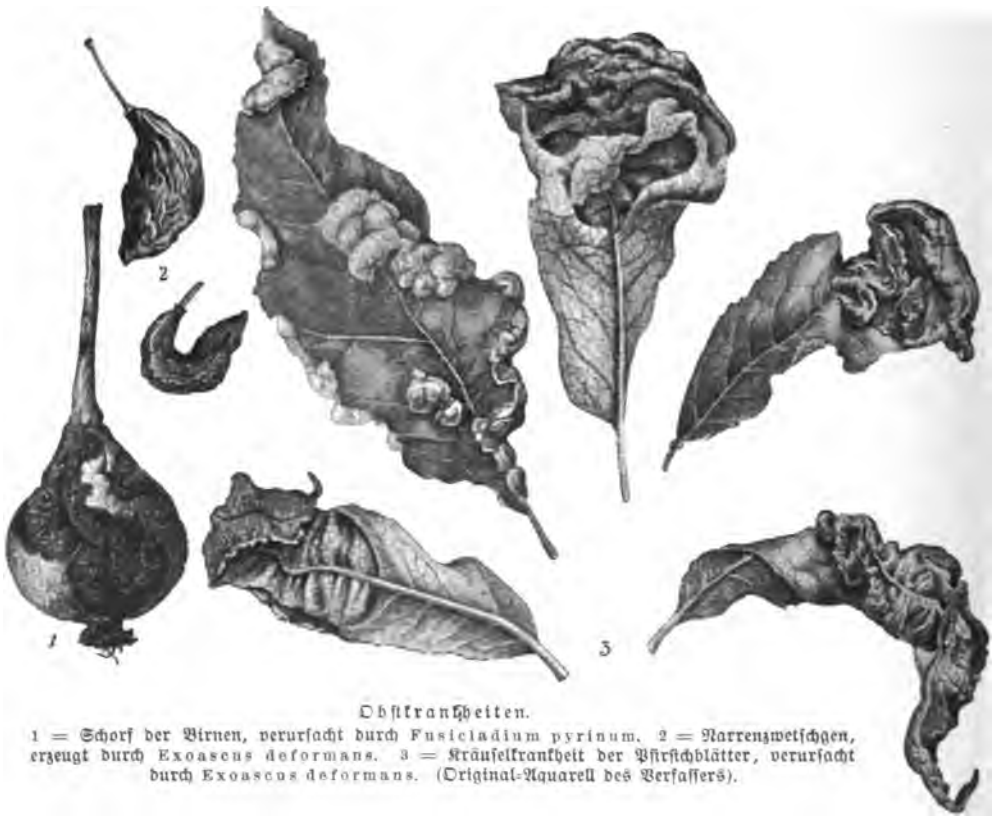
zwischen dem Obsthain des Großgrundbesitzers und den benachbarten Obstbäumen der Kleinbauern in die Augen fällt, weil eben der reichere Besitzer sich regelrecht der Pilzfeinde erwehrt, der arme, unwissende kleine Mann aber nicht, der wird nicht in das seit einiger Zeit vernehmlicher gewordene Geschrei vom Unwert der Kupferns einstimmen können. Wenn vorhin zur Vorsicht geraten wurde gegenüber einem gewissen Mißbrauch, den man von mancher Seite mit der Pflanzenheilkunde treibt, so erfordert es die Gerechtigkeit, nun auch vor dem anderen Extrem zu warnen.

Was bei dem Massenanbau der Rübe versagt, nützt bei den Obstbäumen sehr merklich, namentlich gegen eines ihrer lästigsten Übel: die Blattfleckenkrankheiten. Wie mit Schrot durchschossene Blätter, deren ich vorstehend einige gezeichnet habe, an Pflaumen-, Pfirsich- oder Kirschenbäumen deuten auf die Gattungen Septoria oder Phyllosticta (Bild in Bd. I, S. 313); eine sehr eigenartige Kräuselung der Pfirsichblätter, ebenfalls hier abgebildet, wird erzeugt durch den Pilz der Kräuselkrankheit (Exoascus deformans). Ein braunfleckiger Befall der Walnußblätter, auch der Früchte, hat seine Ursache in dem Pilze Marsonia Juglandis (neuerdings Gnomonia leptostyla genannt [s. das Bild]); ein schmutzigschwarzer, leicht abkratzbarer Anflug auf den Blättern von Apfelbäumen, Pflaumen, Aprikosen, Pfirsichen usw. wird die Rußtaukrankheit (Capnodium [Fumago] salicinum) genannt und steht in Zusammenhang mit dem Befall der Zweigenden durch Blattläuse. Diese scheiden nämlich süßen Zuckersaft aus, der dem Pilz angenehmsten Nährboden bietet, weshalb er stets im Gefolge der Blattläuse auftritt (Bild auf der Tafel: Rußtau).

Blätter und Früchte des Walnußbaumes, durch den Pilz Marsonia Juglandis befallen. (Nach der Natur gezeichnet vom Verfasser.)

Alle diese sehr häufigen und wegen des durch sie erzielten Mißratens der Früchte auch höchst lästigen Übel können wirksam durch Bespritzung mit Kupfersoda oder Kupferkalkbrühe hintangehalten oder doch wesentlich vermindert werden, wenn man nur erstens mit dem Spritzen rechtzeitig beginnt, zweitens damit nicht spart. Hier ist die wahre

Domäne des Pflanzenheilkünstlers, und es ist ein einfaches Rechenexempel, um wie viel das Einkommen der kleinen Landwirte und Gärtner gesteigert werden könnte, wenn sie sich zu einem regelmäßigen Schutzdienst ihrer Obstbäume und Spaliere allgemein bequemen könnten. Der Einsichtige tut es ja schon heute, aber die Zahl der Unaufgeklärten ist in manchen Gebieten deutscher Kultur leider noch erschrecklich groß; dabei liegt es doch auf der Hand, daß ein Zusammenwirken aller, gerade in diesem Punkte jedem einzelnen besonders nützt. Die Lehrer auf dem Lande könnten da die Rolle von Missionären übernehmen durch nichtrastende Aufklärung, worin sie von seiten unseres Reichsgesundheitsamtes wärmste Förderung erfahren würden.



Obstkrankheiten.
1 = Schorf der Birnen, verursacht durch Fusicladium pyrinum. 2 = Narrenzwetschgen, erzeugt durch Exoascus deformans. 3 = Kräuselkrankheit der Pfirsichblätter, verursacht durch Exoascus deformans. (Original-Aquarell des Verfassers).

Um intelligent, anders gesagt, wirkungsvoll kupfern zu können, muß man wissen, daß das Kupferpräparat nicht heilt, sondern dem Pilze die Pflanze verleidet. Also muß das Kupfer vor dem Pilze da sein und auch möglichst lange haften. Von den verschiedenen angepriesenen Mitteln werden daher jene am meisten befriedigen, die vom Regen am wenigsten abgewaschen werden. Ein Zusatz von Sirup oder Zucker leistet dazu gute Dienste.

Ferner folgt aus dem auch, daß man mehrmals, besonders nach viel Regen, spritzen muß. In der Praxis hat sich eingebürgert, daß man zum erstenmal vor dem Aufbrechen der Knospen, dann nach dem Verblühen, sowie in 2—5-wöchentlichen Zeiträumen noch einmal bis zweimal nach Bedarf spritzt. Unmittelbar vor der Obstreife unterläßt es der Einsichtige, da dem Konsumenten das Kupfer auf den Obstschalen nicht wohlbekäme.

Die Rußtaukrankheit der Pappeln.
Aplosporium (Fumago) salicinum Pers. (Kze.)
(Faksimile aus Tulasne, Selecta fungorum carpologia.)

Neben den Blattflecken nagen auf den europäischen und amerikanischen Obsternten noch allerlei Spezialfeinde, von denen die Meltaupilze (besonders Podosphaera tridactyla auf Aprikosen- und Pflaumenbäumen, Sphaerotheca Castagnei auf Äpfel, Phyllactinia suffulta auf Birnblättern) leicht kenntlich sind als mehlige, abwischbare Überzüge der Blätter, die sich leicht vertilgen lassen durch Bestreuen mit Schwefelblumen.

Sie sind nicht so unangenehm wie der Pilz Taphrina oder Exoascus pruni, der die Pflaumenfrüchte in welke Kümmerlinge, sogen. Narrentaschen umwandelt (Bild), oder der Apfelschorf (Fusicladium dendriticum) und der Birnschorf (F. pyrinum [Bild]). In nassen Jahren gibt es wenig Äpfel und Birnen, die nicht mit den grünschwarzen Flecken dieser Pilze behaftet wären. Sie machen das Kernobst zwar unansehnlich, würden aber weiter nicht schaden, wenn nicht auch Risse in ihrem Gefolge erschienen, und wenn nicht durch den Schmarotzer die Früchte an Größe und Qualität Einbuße erlitten.

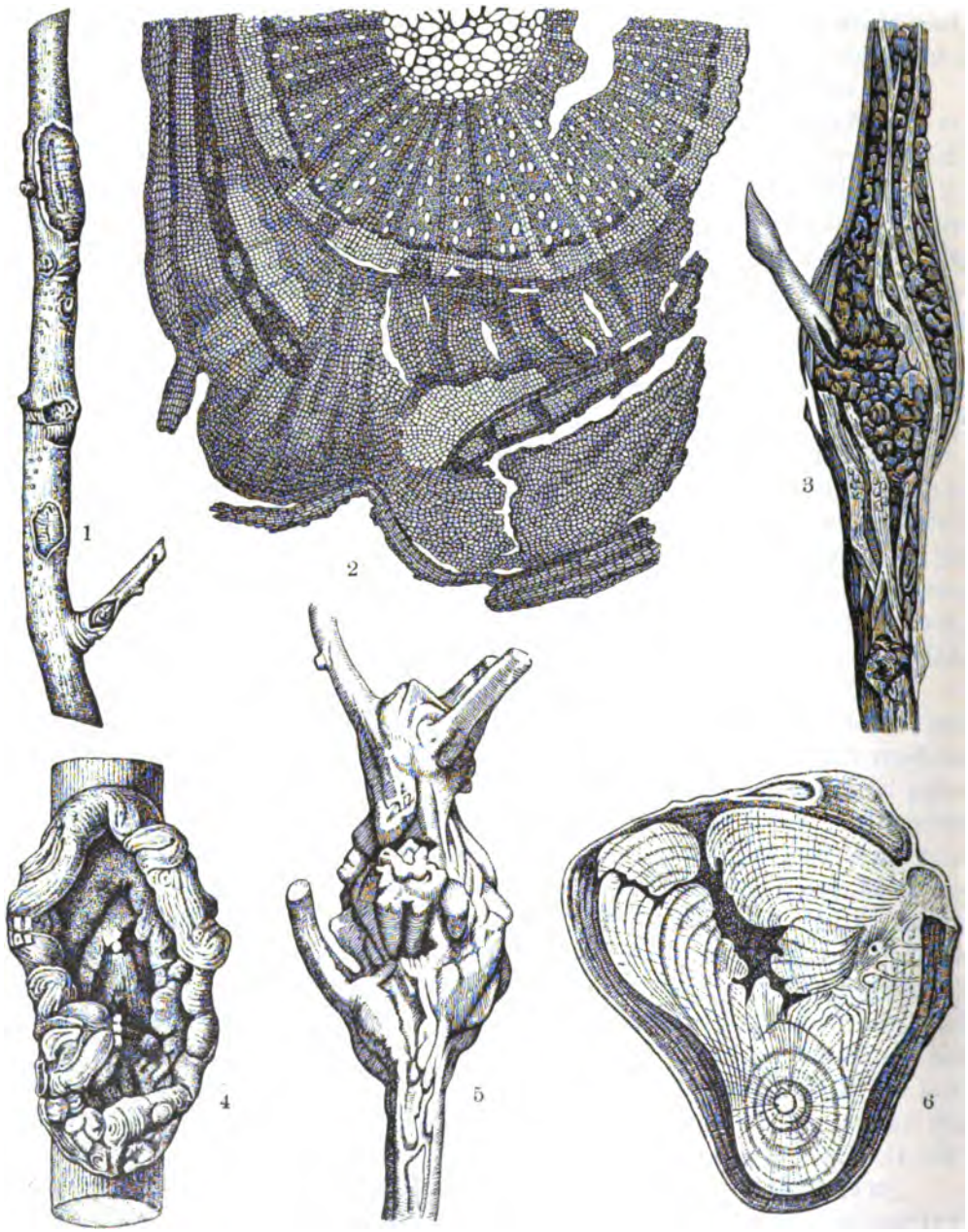
Der Pilz geht auch auf die Blätter über (Tafel in Bd. II, S. 203), ist überhaupt ein hartnäckiger Geselle, kaum zu verscheuchen durch sorgsames Sammeln der befallenen Zweige und das übliche Kupfern.

An den Birnbäumen wuchert auch der abenteuerische Gitterrost (Gymnosporangium sabinae, Bild: Farbentafel Bd. II, S. 203), ein seine Wirte wechselnder Rostpilz, der die Birnblätter mit orangeroten Flecken zeichnet, auf deren Unterseite die in diesem Fall ganz merkwürdig geformten Äzidien sitzen, während seine Teleutosporen als braune Wülste an Wacholderbüschen (Juniperus Sabinae) hervorbrechen. Hieraus ist der Schluß zu ziehen, daß man solche nicht in der Nähe der Obstgärten dulden möge.

Alle die genannten Pflanzenkrankheiten bieten dem Naturfreunde, namentlich dem Mikrologen, einen Born des Ergötzens. „Leider" sind sie ja leicht zu erlangen; unschwer präpariert man sie und genießt dann entzückende Bilder im Kleinseher. Wie putzig die kleine Welt der Pilzfäden sich kleidet, möge man aus der Tafel der Rußtaukrankheit, von Tulasnes Meisterhand entworfen, ersehen. Als Schauobjekte, teils durch Adel der Formen erquickend, teils durch Bizarrerie fesselnd, empfehle ich besonders Präparate von Schorfflecken der Äpfel und Querschnitte von Gitterrostäzidien zu betrachten. Wenn man sich ferner die Mühe nimmt, den Meltaupilzen nachzuspüren, die ja nicht an Obstbäumen, sondern im Hochsommer und Herbst an Rosenstöcken, am Hopfen und in der freien Au an Erlen, Birken, Weiden, Ahorn und sonst noch manchem Gewächs ihre Hauptbrutstätte finden, besonders wenn man ihre mit allerlei Anhängseln geschmückten Perithezien zu beobachten das Glück hat, genießt man den Anblick von Kleinkunstwerken der Natur, die der Menschenkünstler Können fast überbieten. Einen Vorgeschmack davon erhält man aus dem Anblick der Tafel (Bd. II, S. 464), die den Meltau der Weiden und Ahorne wiedergibt.

In der Natur ist jedoch vom Lieblichsten bis zum Abscheulichsten oft nur ein Schritt. Auf demselben Apfelbaum, an dessen Blättern duftiger Meltau zehrt, klafft am Stamm eine schreckliche Wunde. Unappetitlich drängen sich um sie herum Überwallungsränder, und aus tiefen Rissen darin tröpfelt wie Blut ein dunkler Saftfluß (siehe das Bild). So äußert sich der vielgefürchtete Krebs, in dessen Naturgeschichte mehr Dunkel als Hellig-

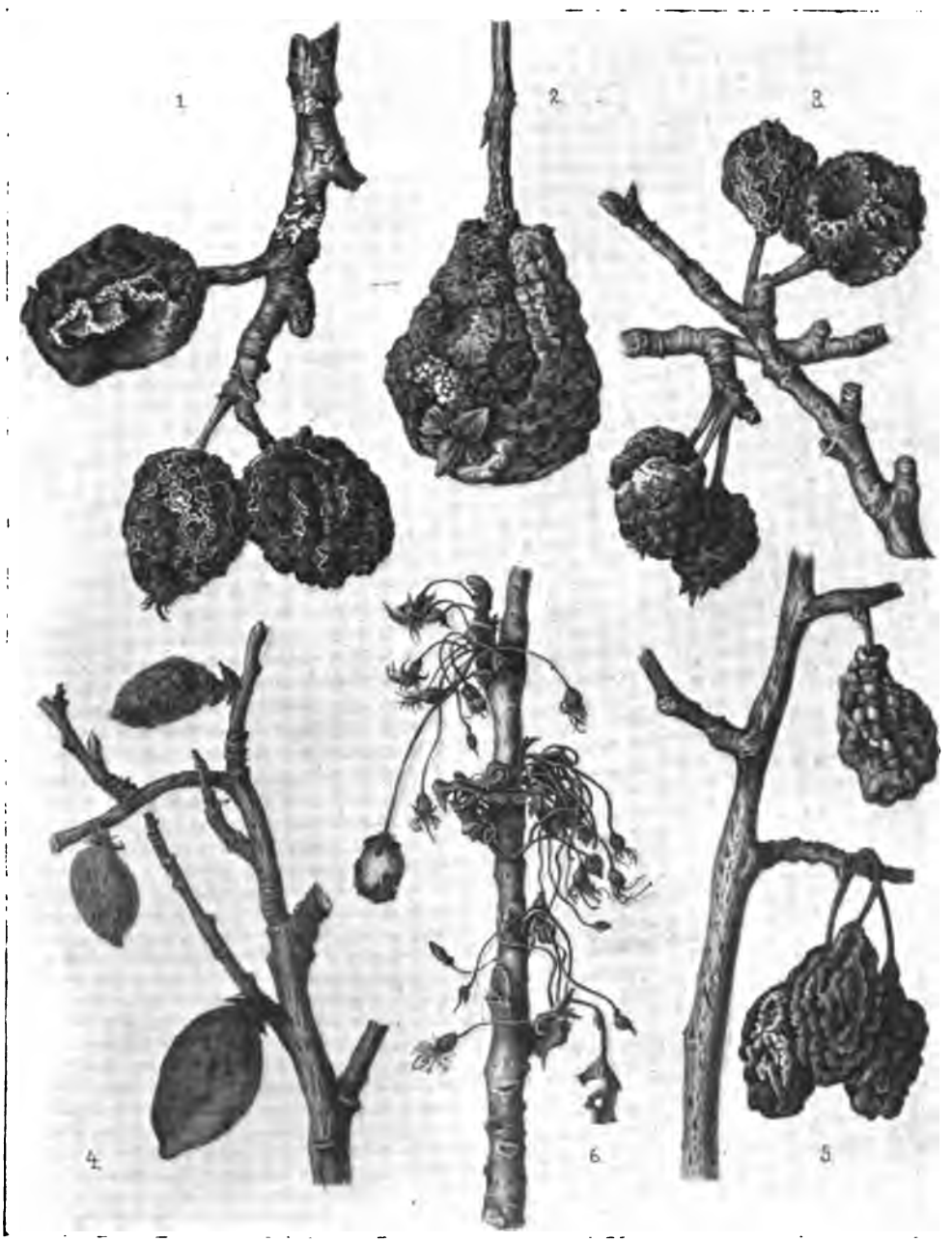
keit ist. Wohl weiß man: Der Pilz Nectria ditissima Tul. erzeugt einen Krebs der Obstbäume, aber es gibt auch Frostkrebse und ähnliche Wunden, deren wahre Ursache noch unbekannt ist.



Die Krebskrankheit der Pflanzen.

1 = Junger Apfelkrebs. 2 = Durchschnitt durch den Krebsknoten eines Rosenstockes. 3 = Alte Krebswucherung an einer Weinrebe. 4 = Alter, offener Apfelkrebs. 5 = Alter Rosenkrebs. 6 = Querschnitt durch einen Apfelzweig mit geschlossenem Krebs. (Nach Sorauer.)

Der gewiegte Obstzüchter hütet sich vor krebssüchtigen Obstsorten und vor Frostlagen, weil ihm Erfahrung sagte, daß in solchen die Krebsgefahr viel größer sei. Neuestens hat man auch einen Fungus imperfektus, die Macrophoma malorum Berl.,



Monilliakrankes Obst in schwarzfaulem Zustande.

1, 3 = Apfel, 2 = Quitte, 4 = Pfirsich, 5 = Pflaumen von Sclerotinia fructigena befallen. 6 = Blütenfäulnis der Kirschen, durch Sc. cinerea verursacht. (Nach der Natur gemalt vom Verf.)

als Ursache eines Apfelbaumkrebses kennen gelernt, der ganz ähnlich verläuft wie der Nektriakrebs. Aber alle solchen Einzelkenntnisse haben uns noch nicht dazu erhoben, wirkliche Heilerfolge erzielen zu können. Man operiert die Bäume wie einen krebskranken Menschen, mit dessen Leiden, so seltsam die Sache auch klingt, der Krebs der Bäume und Rosen in mancher Hinsicht übereinstimmt. Man wendet sogar eine Schröpfmethode an, um dem wuchernden Krebskörper die zuströmenden nährenden Säfte, die den Baum stark schwächen, zu unterbinden. Aber es ist Pfuscherarbeit, und das Krebsproblem beunruhigt in der Pflanzenheilkunde die Forscher nicht weniger als in der Heilkunst der Menschen.

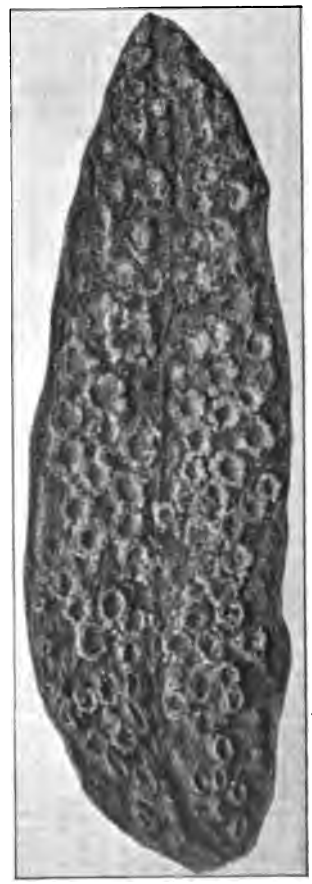
Eine ebenso wichtige, wenn auch nicht so schwere Erkrankung wie die krebsige Entartung stellt für die Obstbäume (aber auch für das Beerenobst) die Schwarzfäule der Früchte dar. Man kennt sie mehr unter dem wohlklingenden lateinischen Namen ihres Erregers als Moniliakrankheit (vergl. auch die Farbentafel Bd. II, S. 203).

Derartig erkranktes Obst schrumpft zu steinharten Klumpen ein, auf denen sich meist allerliebst anzusehende, sammetweiche Polster des Kladosporiumpilzchens ansiedeln (siehe das Bild). Legt man jedoch eine derartige Mumie in eine feuchterhaltene Petrischale, dann streckt der Moniliapilz, der drei Arten hat: M. fructigena auf Äpfeln, Pflaumen, Birnen, M. cinerea besonders auf Kirschen, M. laxa auf Aprikosen, seine Fäden rasch an die feuchte Luft und schnürt seine Konidien ab. Dies ist im Bilde zu sehen auf der Farbentafel bei S. 203 in Bd. II, wo auch die Entwicklung des Pilzes teilweise beschrieben ist. Die Sporenbildung gewährt ein sehr artiges Bild durch die in konzentrischen Kreisen hervorbrechenden cremefarbigen oder grauen Pilzpolster, die gewöhnlich von einer Wunde in der Fruchthaut, einem Insektenstich oder dergleichen ihren Ausgangspunkt nehmen.

Der Moniliapilz beschränkt sich aber nicht auf Konidienfruktifikationen; zwar selten, aber doch manchmal läßt er aus den von ihm mumifizierten und zu steinharten Sklerotien umgewandelten Baumfrüchten auch eine höhere Pilzfrucht hervorgehen, eine Schlauchfrucht, die eigentlich erst im Jahre 1905 richtig erkannt wurde durch die Arbeiten im Berliner Biologischen Institut des Reichsgesundheitsamtes. Man nennt sie Sklerotinia und bezeichnet demgemäß auch die ganze Krankheit so. Da M. cinerea auch die Blüten der Kirschen tötet (siehe das Bild), Monilia sich überhaupt auf ganze Zweige erstrecken und sie zerstören kann, andererseits die Konidien gegen Bordeauxbrühe sehr widerstandsfähig sind, so begreift man das Unbehagen, das den Obstzüchter mit Recht befiel, als in den nassen Jahren, wie sie in letzter Zeit herrschten, eine wahre Moniliaepidemie ausbrach. Man mußte sich dabei eigentlich darauf beschränken, die faulen Früchte, die an den Bäumen leicht den Winter über hängenbleiben, zu sammeln, um sie zu vernichten. Warum sich auch Abschneiden kranker Zweige und Kupfern vor der Knospenentfaltung empfiehlt, wird man sich leicht selbst beantworten.

Der Obstzüchter hat jedoch durchaus keine Ursache, seine Kollegen von der Gemüsegärtnerei zu beneiden, wenn es auch scheinen will, daß gerade die Obstfeinde besonders zahlreich seien. Es gibt überhaupt keine Kulturpflanze, ja man kann wohl wagen zu sagen: keine Pflanze, die nicht den Angriffen anderer Pflanzen ausgesetzt wäre. Wenn nur in Kürze hier die wichtigsten

der Gemüsekrankheiten genannt sein sollen, so weiß man gleich außer der Bakteriose der Kartoffel, Kohlrabi und Tomaten (Bild und Näheres auf S. 141) die Kohlhernie, den Meltau der Gemüse, den Spargelrost, den Bohnenrost, die Blattfleckenkrankheiten der Erdbeere (Sphaerella Fragariae), den weißen Rost der Rettiche (Cystopus candidus), die Blattflecken auf der Schwarzwurzel, der Sellerie (Cercospora Apii), dem Spinat (Septoria Spinaciae), dem Kopfsalat, der Petersilie, das Verschimmeln der Zwiebeln (durch Sclerotinia Fuckeliana), die Blattflecken der Lupinen, die Welkekrankheit der Erbsen (durch Fusarium) und manche andere in einem Atem herzuzählen, wenn man Fachmann ist.

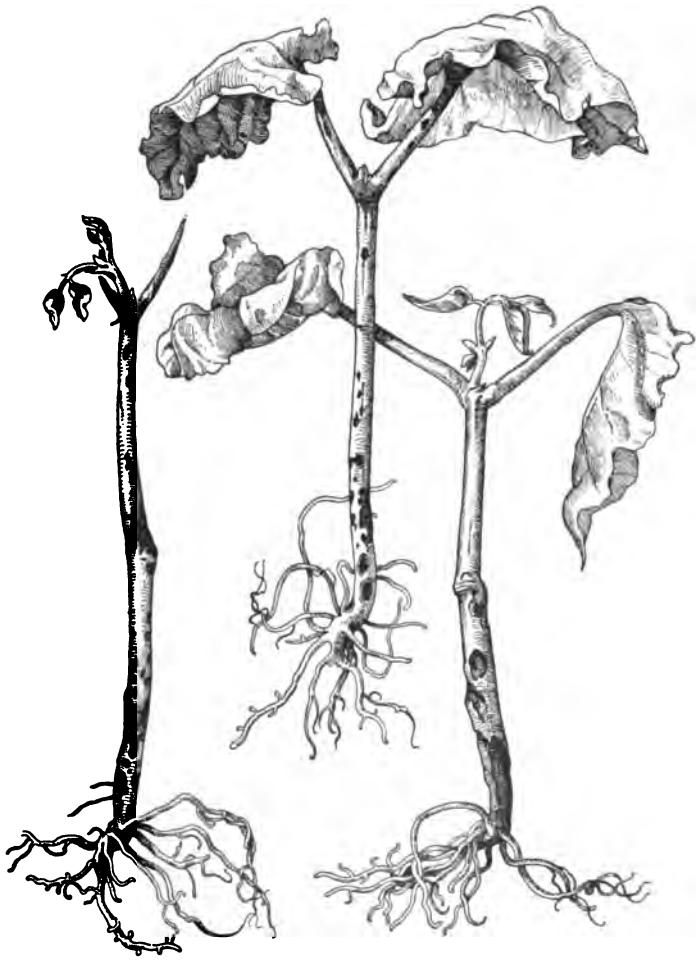


Äzidien eines Uromyces-Rostes auf einem Blatt. (Originalaufnahme von H. Hinterberger-Wien.)

Die Liste diene dazu, um die etwas verzagte und verwirrte Stimmung begreiflich zu machen, in der sich der Ökonom angesichts der vielen heimtückischen Schädigungen befindet, die jeden Augenblick sein Tagewerk mindern, es auch ganz in Frage stellen. Es gehört auch zum Kapitel des „notleidenden Agrariers", daß er jährlich Millionen verliert, weil es der hungrigen Pilze gar so viele gibt. Und da kann man immer wieder nur in das alte Horn stoßen: Gebt doch der Biologie mehr Spielraum für ihr Wirken, legt mehr Kapital an zur Aufklärung des Landvolkes und zur „Ernährung" von Naturforschern, und eure künstlich gehegte „Natur" in Feld und Garten wird reichlicher zinsen! 300 Millionen Mark soll Deutschland jährlich verlieren durch Krankheiten von Kulturgewächsen, die man mit Mühe großzieht! Das muß in Schulen, Gemeinderatssitzungen, Parlamenten und an Ministertischen unermüdlich wiederholt werden, wenn die Forderung von Opfern zur Förderung der Wissenschaft und naturwissenschaftlichen Bildung begründet wird!

Bekanntes müßte man übrigens wiederholen, wollte man die „Gemüseleiden" einzeln schildern. Daher soll nur einiges erwähnt werden. Die eigentümliche kropfige Entartung des Kohlrabi und aller Brassica-Arten, die oft genug dem Gärtner vor Augen kommt, wird durch einen Schleimpilz (Plasmodiophora Brassicae) erzeugt. Man ist machtlos dagegen, denn das ist ein nur recht unzulänglicher Rat, wenn der Pflanzenheilkünstler sagt: Baut keinen Kohl auf kranken Feldern! So ist es auch mit den Uromyces-Rosten (siehe das Bild) auf Wicken, Ackerbohnen, Erbsen, Linsen, mit dem gelben, dann schwarzen Puccinia Asparagi auf Spargelstengeln, mit der viel Schaden anstiftenden Fleckenkrankheit der Buschbohnen (Gloeosporium Lindemuthianum, Bild S. 420). An lateinischen Bezeichnungen dafür mangelt es nicht, wohl aber an einem besseren Rat als dem des Dr. Eisenbart, der da lautet: Abschneiden und verbrennen, was nichts mehr taugt,

damit nicht noch mehr krank wird! Und das alles deshalb, weil nicht genug geforscht wird! Ganz ehrlich gestanden: das ist der Krebsschaden der Phytopathologie, daß es noch immer nicht genug Phytopathologen gibt. Wenn man sich vor Augen hält, daß in Deutschland, dessen Getreideernte im Normaljahr schätzungsweise 2400 Millionen Mark wert ist, dessen Obstverbrauch man bei 170 Millionen Obstbäumen auf viele Millionen Mark jährlich berechnen muß, wozu man noch eine Gemüseernte von sicherlich mehr als dem Doppelten rechnen mag, wenn man an diese Milliarden denkt, die jährlich regelmäßig durch Schmarotzerpilze um 300 Millionen Mark geschmälert werden, dann empfindet man es gewiß als geradezu lächerlich, daß in demselben Lande an kaum einem Dutzend Pflanzenschutzstationen sicherlich noch nicht hundert Forscher berufsmäßig tätig sind als Volksaufklärer und wirklich geschulte Verteidiger der landwirtschaftlichen Interessen.



Die Blattfleckenkrankheit der Bohnen, durch Gloeosporium Lindemuthianum verursacht. (Nach der Natur gemalt vom Verfasser.)

So entsteht dann folgender betrübender Zustand:

Unsere pflanzlichen Nahrungsmittel werden von etwa 200 verschiedenen ernstlichen Krankheiten und Feinden aus dem Pflanzenreich verwüstet, wozu sich nicht weniger tierische Schädlinge gesellen; nur ganz wenige davon sind wirklich gründlich, die allerwenigsten so studiert, daß man die durch sie uns auferlegte Frage als befriedigend beantwortet ansehen kann. Unendlich mühsam ist diese Arbeit, phantastisch verworren sind die Wege, auf denen sich Pilz und Pflanze feindlich gegenübertreten, wie uns Getreiderost und Brand verraten haben, trotzdem ist das Unternehmen der Forschung nicht hoffnungslos. Wir haben Mittel zu finden gewußt, um der Pilze Macht einzudämmen, wenn die Arbeit dazu mit aller Kraft einsetzte. Damit ist das einfache Rechenexempel gestellt, welche

Früchte es erst tragen muß, wenn man die Zahl der Forscher und der sie verständnisvoll Unterstützenden vervielfacht! Doch möge sich das jeder selbst ausrechnen. Ich möchte jetzt nur das betonen: Verständnisvolle Mithilfe der Landwirte gehört auch zum Pflanzenschutz, wie zum Krug der Boden, ohne den nur ein Scherben bleibt. Denn wenn es nur in den Büchern steht, man müsse infiziertes Laub eingraben und pilzkranke Früchte im Winter abnehmen und kranke Zweige abschneiden und beizen und schwefeln und spritzen, solange dies nicht allgemein geschieht, ist nie zu helfen. Dies eine Mal rächt es sich gleich, wenn Hinz sich freut nach gutem alten Brauch, weil Kunz den Schaden hat. Denn wenn er sich nicht einigt mit dem Nachbarn, steckt er sich sein eigenes Gütchen an.

Wenn aber die Landwirtschaft einig auftritt, dann kann sie wohlgemut sein. Das lehrt uns der Kampf gegen die Pilzschädlinge des Weinstockes, der in manchem noch viel erfolgreicher ist, als der gegen die Obstbaumkrankheiten, weil ihm angesichts des Wertes der Produkte von seiten der Wissenschaft wie der Winzer mehr Beachtung geschenkt wurde. Frankreich ging darin bahnbrechend vor und schuf Werke, die, wie das große Buch von Viala und Ravaz über die Krankheiten des Weinstockes, eine wahre Zierde der Wissenschaft sind.

In Betracht kommen von den zahlreichen Weinschädlingen im deutschen Kulturkreis vorzüglich drei Übel: der falsche Meltau, populär Peronosporakrankheit genannt, der echte Meltau und in letzter Zeit auch der schwarze Brenner. Was sich sonst noch einstellt, wie Black-Rot oder White-Rot, das hat für unser Volk zum Glück erst ziemlich akademisches Interesse.

Von diesem Trio hat der falsche Meltau, auch als Traubenpilz bekannt, zeitweise fast die Bedeutung der Reblaus gehabt. Im Jahre 1845 kamen aus England die ersten Nachrichten, daß auf braunwerdenden Weinblättern ein Meltau auftrete, der dann auf die jungen Beeren übergeht, wodurch diese platzen und vorzeitig abfaulen (Bild S. 424). Bald bestätigten die Franzosen die Schreckensbotschaft, und unaufhaltsam wanderte der Pilz nach dem Süden. Dann wird die Schweiz und Südtirol befallen, jetzt zieht er den Rhein und Main entlang, wandert mit der Donau, und überall verarmt durch ihn der Winzer. Könnte man es berechnen, wieviel so ein Pilzchen dem Wohlstand der Völker entzieht, es bliebe sicher nicht hinter den Kosten eines großen Krieges zurück. Die Einwohner von Madeira haben durch den Meltau den Weinbau aufgeben müssen!

Und was ist das doch für ein hinfälliges Geschöpf, dieser Traubenpilz, den die Mykologie als die Oïdium-Nebenfrucht einer erst seit wenigen Jahren bekannten Schlauchpilzform (Uncinula Tuckeri) bezeichnet! Aber das Oïdium verbreitet sich eben rasch, die massenhaft abgeschnürten Konidien wandern mit jedem Lufthauch, und wo nur ein Stock ergriffen war, ist bald ringsum der Weinberg mit jener feinen Sporenasche besprenkelt, um derentwillen unser so anschaulich denkendes Volk für den Pilz den treffenden Namen Ascherich aufgebracht hat.

Aus dem Leben des kleinen Übeltäters verdient eine interessante biologische Tatsache festgehalten zu werden. Unser Klima sagt ihm dort am besten zu, wo es feucht ist, immerhin nirgends so, daß er oft zur vollständigen Entwicklung käme. Perithezien bildet er reichlich in Amerika, aber bei uns nicht gerne; darum hat man sie erst so spät

entdeckt. Dadurch ist er aber gezwungen, für ein anderes Überwinterungsmittel Sorge zu tragen. Er hat ein solches erworben. Mit Hilfe seiner Saugfäden, von denen er einzelne knorrig und derb werden läßt (Bild S. 424), überwintert das Oïdium an den Stöcken. Seitdem man dies weiß, verdirbt man ihm die Winterruhe, indem man als erste Lenzarbeit im Weingarten die Reben mit Eisenvitriollösung bepinselt.

Im Sommer aber vertreibt der einsichtige Winzer den Meltau durch Schwefel.

Fein pulverisierter Schwefel (Schwefelblumen) tötet alle Meltaupilze. Man schwefelt also stets, ob nun Hopfen oder Gemüse, Obstbäume oder Wein davon befallen sind. Früher nahm man an, daß der Schwefel mechanisch wirke. Man beobachtete, daß die gegen die Straße zu stehenden Weinstöcke, die gewöhnlich vom Chausseestaub weiß überpudert sind, wenig vom Meltau zu leiden haben, und darauf gründete sich die Meinung, der Staub allein ersticke den Pilz. Dann aber fiel es auf, daß es an heißen, windstillen Tagen in einem geschwefelten Weinberg nach brennenden Schwefelhölzern, d. h. nach schweseliger Säure, riecht, und nun neigt man natürlich dazu, in dieser das eigentlich Tötliche für den Pilz zu sehen.

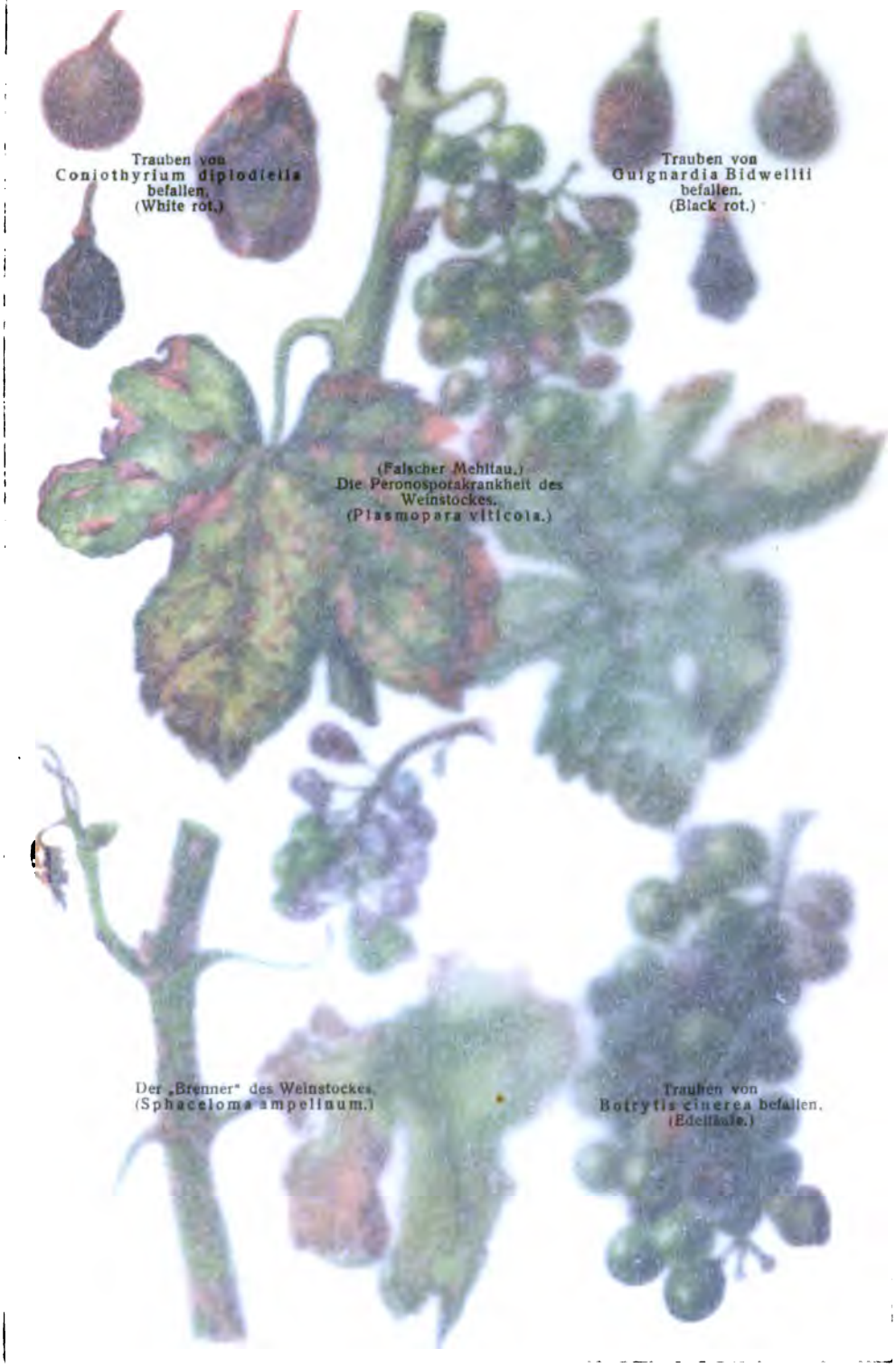
Jedenfalls lehrt die Erfahrung, daß das Schwefeln, intelligent angewandt, d. h. in diesem Fall mit passenden Blasebälgen fein auf morgentauige Weinstöcke zerteilt und etwa dreimal vor und nach der Blüte und im August vorgenommen, gründlich gegen den Meltau hilft.*

Man hat das Schwefeln, das angeblich schon 1846 von einem englischen Gärtner entdeckt wurde und jedenfalls schon seit 50 Jahren in Gebrauch ist, das ideale Pflanzenheilmittel genannt, und es verdient diese Bezeichnung, denn es ist das einzige, das auch wirklich heilt. Erkrankte Stöcke gewinnen schon nach 10—12 Tagen ihr Wohlbefinden wieder und sind zugleich gegen neue Angriffe, sogar teilweise gegen Insektenschaden geschützt. Und man kann mit gutem Gewissen den Satz niederschreiben, daß es hier einmal gelungen sei, eine Pflanzenkrankheit, die von Natur aus nicht weniger gefährlich auftrat als heute die Phylloxera, künstlich ganz bedeutungslos zu machen.

Leider gilt dies noch nicht für die zweite Geißel des Winzers: die Peronospora. Man höre nur, wie der Anblick der von ihr verheerten Weinberge geschildert wird. Prof. Appel von der deutschen biologischen Anstalt schreibt: „Wer im Jahre 1905 zur Zeit der Lese an der Mosel oder im Jahre 1906 in den Weingauen Württembergs, der Pfalz oder auch anderer Weingegenden war, der wird das traurige Bild der Verheerung, das die Peronospora zustande gebracht hat, nicht vergessen. Statt vollsaftiger Trauben, wie es der reiche Ansatz des Sommers zu verheißen schien, waren sogenannte Lederbeeren entstanden, die später eingetrocknet und verschrumpft an den Reben hingen. In vielen Weinbergen wurde überhaupt nicht gelesen, und dort, wo man die traurige Mühe nicht scheute, brachte man einen erbärmlichen Herbst heim".

Was Lederbeeren sind und wie sich die Krankheit an den Weinblättern und Trauben meldet, habe ich auf der beiliegenden Aquarelltafel gemalt, kann also eingehende Beschreibungen sparen. Nur das dürfte man nicht versäumen, sich zu merken, daß man die Krankheit am leichtesten daran erkennt, daß, bei hellrotbraunen Flecken

* Neuerdings empfiehlt man auch das sehr ökonomische Kupferschwefelkalkpulver aus Dr. Aschenbrandts Fabrik in Straßburg.



KRANKHEITEN DES WEINSTOCKS

NACH ORIGINALEN DES VERFASSERS

entdeckt. Dadurch ist er aber gezwungen, für ein anderes Überwinterungsmittel Sorge zu tragen. Er hat ein solches erworben. Mit Hilfe seiner Saugfäden, von denen er einzelne knotig und derb werden läßt (Bild S. 424), überwintert das Oïdium an den Stöcken. Indem man dies weiß, verdirbt man ihm die Winterruhe, indem man die erste Lenzarbeit im Weingarten die Reben mit Eisenvitriollösung bespritzt.

Im Sommer vertreibt der einsichtige Winzer den Meltau durch Schwefeln. Fein pulverisierter Schwefel (Schwefelblumen) tötet alle Meltaupilze. Man schwefelt also stets, ob nun Hopfen oder Gemüse, Obstbäume oder Wein davon befallen sind. Früher nahm man an, daß der Schwefel mechanisch wirke. Man beobachtete, daß die an der Straße zu stehenden Weinstöcke, die gewöhnlich vom Chausseestaub weiß überpudert sind, wenig vom Meltau zu leiden haben, und darauf gründete sich die Meinung, der Staub allein ersticke den Pilz. Dann aber fiel es auf, daß es an heißen, windstillen Tagen in einem geschwefelten Weinberg nach brennenden Schwefelhölzern, d. h. nach schwefeliger Säure, riecht, und nun neigt man natürlich dazu, in dieser das eigentlich Tötliche für den Pilz zu sehen.

Jedenfalls lehrt die Erfahrung, daß das Schwefeln, intelligent angewandt, d. h. in diesem Fall mit passenden Blasebälgen fein auf morgentauige Weinstöcke zerteilt und etwa dreimal vor und nach der Blüte und im August vorgenommen, gründlich gegen den Meltau hilft.*

Man hat das Schwefeln, das angeblich schon 1846 von einem englischen Gärtner entdeckt wurde und jedenfalls schon seit 50 Jahren in Gebrauch ist, das ideale Pflanzenheilmittel genannt, und es verdient diese Bezeichnung, denn es ist das einzige, das auch wirklich heilt. Erkrankte Stöcke gewinnen schon nach 10—12 Tagen ihr Wohlbefinden wieder und sind zugleich gegen neue Angriffe, sogar teilweise gegen Insektenschaden

[illegible] mit gutem Gewissen den Satz niederschreiben, daß es hier ein [illegible] Krankheit, die von Natur aus nicht weniger gefährlich [illegible] künstlich ganz bedeutungslos zu machen.

[illegible] Nur für die zweite Geißel des Winzers: die Peronospora [illegible] der von ihr verheerten Weinberge geschildert wird. [illegible] biologischen Anstalt schreibt: „Wer im Jahre 1905 [illegible] oder im Jahre 1906 in den Weingauen Württembergs [illegible] herumgewandert war, der wird das traurige Bild der Ver[illegible]wüstung, das sie hervorgebracht hat, nicht vergessen. Statt vollsaftiger [illegible] des Sommers zu verheißen schien, waren sogenannte [illegible] eingetrocknet und verschrumpft an den Reben [illegible] wurde überhaupt nicht gelesen, und dort, wo man [illegible] brannte man einen erbärmlichen Herbst heim".

[illegible] und wie sich die Krankheit an den Weinblättern und [illegible] auf der beiliegenden Aquarelltafel gemalt, kann also ein[illegible] [illegible] war das dürfte man nicht versäumen, sich zu merken, [illegible] stellen daran erkennt, daß, bei hellrotbraunen Flecken

[illegible] auch das sehr ökonomische Kupferschwefelkalkpul[illegible]

[illegible] Freiburg.

PILZ-KRANKHEITEN DES WEINSTOCKES.
(NACH ORIGINALAQUARELLEN DES VERFASSERS).

KOSMOS
STUTTGART

auf der Oberseite der Blätter, weiße Schimmelhäufchen auf der Unterseite, entlang den Blattadern, den Pilz verraten. Man verwechselt ihn, wenn man nicht genau darauf achtet, sonst leicht mit der Milbenkrankheit der Weinblätter, bei der die Phytoptus-Milben auch weiße Haarwucherungen an der Unterseite der Blätter erzeugen. Ein Blick in das Mikroskop, den die umstehend festgehaltenen Bilder ersetzen sollen, wird aber jeden Zweifel beseitigen. Man erkennt daran, daß dieser falsche Meltau ein naher Verwandter des Kartoffelpilzes sein muß. Bildet er doch ähnliche Konidienbäumchen wie jener. So ist es auch. Es sind nahverwandte Gattungen. Auch Plasmopara (früher Peronospora genannt) viticola ist ein Urpilzchen aus der Gruppe der Peronosporazeen. An jedem Konidienbäumchen erzeugt sie einige Dutzend Nachkommen, aus jedem Blatte entstäuben Tausende; der Wind, der an Weinbergen streicht, führt also Milliarden mit sich, und daraus möge man die besonders rasch einreißenden, fürchterlichen Verlustziffern erklären, von denen die Chronik der Peronospora so oft spricht.

Frankreich und Italien hatten den bedauernswerten Vorzug, darin den ersten Rang zu behaupten. Ihnen schloß sich Österreich-Ungarn an, und nun ist auch Deutschland an der Reihe.

Für Ungarn war, wie ich einem amtlichen ungarischen Berichte entnehme, z. B. das Jahr 1892 besonders verhängnisvoll. Sein Weinbau kämpft ohnedies schwer gegen die Reblaus. Es hatte damals 400000 Kat.-Joch Weinberge, von denen noch 300000 reblausfrei waren. Seine Weinproduktion stand dadurch immerhin noch an vierter Stelle unter allen Ländern der Erde. Aber im genannten Jahr machte Plasmopara einen Strich durch diese Rechnung. Die Weinlese von 1892 warf Ungarn auf die 17. Stelle zurück, und es produzierte damals weniger Wein als die Schweiz oder das kleine Serbien.

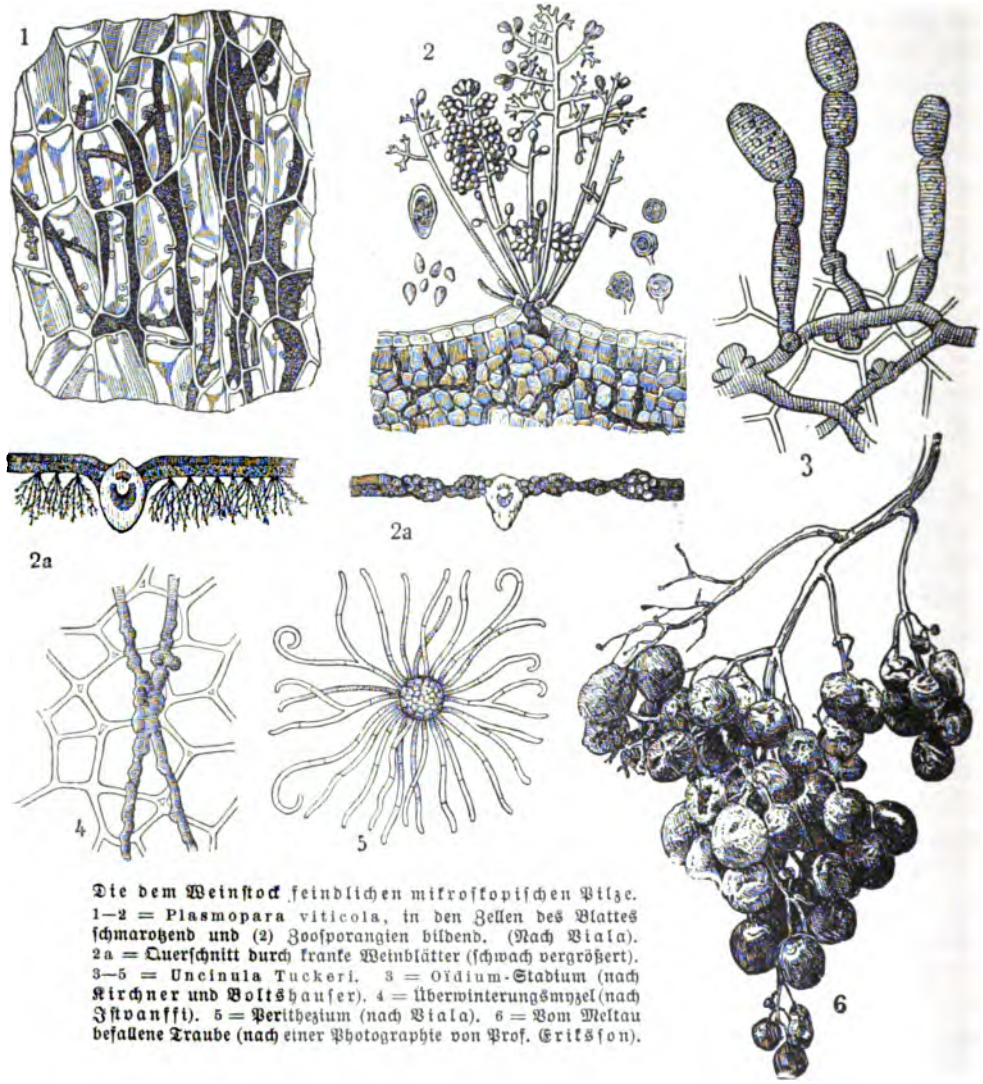
Die Pflanzenheilkunde scheint also doch nichts zu taugen, sagen so gerne die von solchen Schicksalsschlägen Betroffenen, da sie unendlich viel Mühe und sehr viel Geld aufwenden für das amtlich so warm empfohlene Spritzen mit Bordeauxbrühe und doch oft genug hilflos dastehen.

Demgegenüber kann man nur wiederholt erklären, daß theoretisch die Kupfersalze ebenso sicher die Konidien von Plasmopara abtöten, wie Schwefel die von Uncinula. Wenn die Erfolge trotzdem hinter der Theorie zurückbleiben so liegt das eben an anderen lokalen Ursachen.

Der französische Naturforscher Millardet hat die zufällige Entdeckung der Wirkung von Kupfersalzen zu einer genialen Versuchsreihe benützt und gezeigt, daß die Kupfersalze sogar in Verdünnungen von 2—3 Zehnmillionsteln die Sporen des Pilzes am Keimen verhindern. Darum hieß die Bordelaiserbrühe früher Millardets Mittel.

Seit ihm hat man das Schutzverfahren, das sich früher auf die Vernichtung der von dem Pilz durch Konjugation gebildeten dauerhaften Oosporen richtete, geändert. Das Einsammeln des welken Laubes, das man zu diesem Zweck empfahl, ließ sich doch nicht mit wünschenswerter Vollständigkeit durchführen. Um so weniger, als der Pilz auch den wilden Wein befällt, und weil man, wie die Menschen nun einmal sind, fast niemals einen Gartenbesitzer dazu bringen kann, sich Arbeit und Kosten zu machen, damit ein „Fremder" Nutzen davon habe.

Heute bekämpft man den Pilz nach dem Prinzip des Pflanzenschutzes. Deshalb besprengt man Blätter, Triebe und junge Trauben mit Kupfersalzlösungen, bevor sie erkrankt sind, um das Keimen der auf sie gelangten Pilzsporen zu verhindern.



Die dem Weinstock feindlichen mikroskopischen Pilze. 1—2 = Plasmopara viticola, in den Zellen des Blattes schmarotzend und (2) Zoosporangien bildend. (Nach Viala). 2a = Querschnitt durch kranke Weinblätter (schwach vergrößert). 3—5 = Uncinula Tuckeri. 3 = Oïdium-Stadium (nach Kirchner und Boltshauser). 4 = Überwinterungsmyzel (nach Istvanffi). 5 = Perithezium (nach Viala). 6 = Vom Meltau befallene Traube (nach einer Photographie von Prof. Eriksson).

Diesen Gesichtspunkt muß man stets wahren, um Erfolg zu haben im Kampfe gegen die Peronospora.

Als goldene Regel des Kupferns gelte es, die erste Bespritzung mit 1%iger Brühe so früh wie möglich vorzunehmen und dann mit 2%iger Brühe nach Bedarf, also wohl noch mindestens zweimal, zu spritzen!

Die praktische Ausgestaltung dieser Theorie mußte berücksichtigen, daß die Kupfersalze teuer sind, daß man also, um Material zu sparen, zur äußersten Verdünnung, die noch wirksam ist, greifen müsse. Deshalb bedient man sich nur 1—3%iger

Lösungen. Ferner muß man das Haften des Präparates befördern, weshalb man ein gewisses Quantum gebrannten Kalkes der Lösung hinzufügt, was sie zugleich auch neutralisiert*.

Das zweite praktische Erfordernis ist, die Brühe in möglichst feiner, gleichmäßiger und sparsamer Verteilung auf die Blätter und Triebe zu bringen. Zu diesem Zweck hat sich eine so große Industrie tragbarer und fahrbarer Peronosporaspritzen aufgetan, daß es schwer ist, irgendein Erzeugnis zu empfehlen, ohne befürchten zu müssen, daß es schon morgen von einem handlicheren und preiswürdigeren überholt würde. Im allgemeinen kosten Handspritzen einige Mark, die fahrbaren sind etwa zehnmal teurer, fassen freilich auch an 60 und noch mehr Liter.

Soll ich diese praktischen Winke, die wohl mancher in diesem Werke auch sucht, noch vervollständigen, so könnte ich vielleicht darauf hinweisen, daß die alterprobte Bordeauxbrühe (deren Rezept vorschreibt, 1—3 kg Kupfervitriol in 1 hl Wasser zu lösen, noch weniger gebrannten Kalk, in Wasser gelöst, langsam unter fortwährendem Umrühren dazu zu gießen) jetzt wenigstens in Frankreich, das hierin führend vorangeht, von der Kupfersodabrühe abgelöst wird, die an Stelle des Kalkes Soda zum Neutralisieren und Haften verwendet. Ich müßte dann aber auch sagen, daß außerdem ein großer Wettbewerb verschiedenster Mittel, wie Azurin (Kupferammoniakbrühe), Grünspanlösungen (verdet gris, verdet neutre), sogar Lysol nach oft sehr zweifelhaften Verbesserungen trachtet.

Das Kupfern der Reben.

Aus meiner eigenen Erfahrung kann ich die Bordeauxbrühe am wärmsten empfehlen; die Weinstöcke unseres Versuchsgartens hatten vielerlei Versuche zu ertragen; geschützt wurden sie aber nur durch die Kupfermittel, und von allen diesen sprach die Praxis zugunsten der Bordeauxbrühe, deren größter Nachteil ist, daß sie die Spritze häufig verstopft. Doch läßt sich dem durch Seihen der Brühe abhelfen.

Seit einiger Zeit entsteht aber eine Bewegung, die von ganz anderen Nachteilen des Kupferns erzählt. Man klagt über die Gesundheitsschädlichkeit gekupferter Trauben, sogar des Weines, der aus solchen gewonnen wird, ferner über die mannigfachen Unzuträglichkeiten, die das Kupfern bei den Arbeiten im Gefolge hat.

Manches an diesen Klagen, zu deren Sprecher sich besonders Prof. G. Jäger in Stuttgart machte, ist zweifelsohne berechtigt, und feine Speisetrauben dürfen wirklich

---

* Blaues Lackmuspapier darf sich nicht mehr rot darin färben und gelbes Reagenzpapier nicht mehr braun.

nicht gekupfert werden. Man halte sich aber doch vor Augen, daß eigentlich nur die Wahl zwischen zwei Übeln bleibt, und danach wird man doch leicht die einzig vernünftige Stellung zu der Sache finden.

Die dritte wichtige Krankheit der Reben wird durch den Pilz Sphaceloma ampelinum hervorgerufen (siehe Tafel), zu deutsch: Schwarzer Brenner mit gutem Sinn genannt, da er den Trieben und Blättern wahrhaft Brandwunden zufügt. Ebenso häufig ist aber auch der französische Name Anthraknose dafür. Bei der ewig wechselnden Namengebung der Pilze bezeichnet man den Erreger des Übels heute teils als Gloeosporium ampelophagum (Pass.) Sacc., teils als Manginia, woraus zu ersehen ist, daß unsere Kenntnisse über ihn noch im argen liegen. Und wirklich verwirrt er auch durch so vielerlei mikroskopische Erscheinungsformen, daß sich nach ihnen wohl niemand zurechtfinden kann, ob der Pilz, der ihm vorliegt, zu dem Brenner gehört oder nicht. Da gibt es einzellige Sporen, Koremien, Pykniden mit Mikrokonidien und andere mit Makrokonidien, Rhizomorphen, Hefebildungen, Zysten, Riesenzellen und Chlamydosporen. Man muß abwarten, ob sich nicht auch hier Verwechslungen eingeschlichen haben. Nach dem äußerlichen Ansehen kann man übrigens die Krankheit nicht verwechseln (siehe die Farbentafel der Weinstockkrankheiten). Zu auffällig sind die mit violettschwarzem Rand umgebenen geschwürartigen Flecken auf den Beeren und grünen Zweigen, deren Blätter wie verbrannt herabhängen, während die Beeren vorzeitig schrumpfen. Wohl sucht die Pflanze durch Korkbildung sich zu wehren, doch genügt das nicht, und man muß sie namentlich in feuchten Lagen der Weinberge schon unterstützen, um nicht um die Ernte geprellt zu werden. Aus Erfahrung weiß ich, daß von der Lage der Rebstöcke bei dieser Krankheit fast alles abhängt. Hoch oben am luftigsonnigen Bergrand sind im selben Weinberg alle Stöcke gesund, wo im Tal, in der Schattenlage Laub und Trauben durch den Brenner fast völlig zunichte gemacht wurden.

Man hilft sich durch Abschneiden (dann natürlich Verbrennen) der befallenen Reben und durch Bespritzen der Stöcke im Winter mit 10—15%iger Eisenvitriollösung.

Früher nahm man eine 50% wässerige Lösung, doch haben neuere Erfahrungen mit dem teueren Material sparen gelehrt. In Amerika und Ungarn gießt man auch Schwefelsäure zur Mischung, doch möchte ich angesichts der bedenklichen Qualitäten dieses Giftes dazu nicht raten. Wohl aber empfiehlt es sich, statt zu spritzen, die Stöcke mit dem Mittel einzupinseln. Es dürfen nämlich die „Augen" nicht verfehrt werden, was beim Spritzen nur schwer zu vermeiden wäre. Vierzehn Tage vor dem Austreiben (also etwa im März) soll man die Operation vornehmen; es liegen begeisterte Berichte vor, daß dadurch der Schädling völlig verschwand.

Noch ein Feind des Weinstockes ist hier abgebildet, der vielerwähnte Hallimasch (Agaricus melleus), der als Erdkrebs in den Weingärten oft genug so wuchert und zehrt, wie es das Bild zeigt. Praktiker sagen, er befalle nur kränkelnde Reben, und man sei machtlos gegen ihn. Auch sonst wimmelt es im deutschen Weinberg von allerlei unheimlichen Gestalten. Blattfleckenpilze, Rußtau, Wurzelschimmel treiben ihr unsauberes Wesen; in der Schweiz lernte man dazu die noch wenig bekannten Rebpocken fürchten; die Monilia befällt die Beeren; die aus Amerika nach Frankreich verpflanzte Schwarzfäule (Black-rot) hat heute schon Ungarn ergriffen

(Farbentafel), und auch die White-rot oder Rot-blank genannte Weißfäule (Tafel), durch den Pilz Coniothyrium (neuerdings Charinnia diplodiella) bewirkt, ist schon in der Schweiz, in Ungarn und Italien vorgedrungen.

Agaricus melleus als Schädling des Weinstockes auf einer Rebe schmarotzend. (Nach einem Aquarell des Verfassers.)

Neue Feinde stehen also vor der Tür; leicht kann man prophezeien, daß das verzärtelte Sorgenkind, die so wohl rentierende Rebe, dem deutschen Winzer noch vielen Kummer bereiten und manche Krise heraufbeschwören wird. Ist er dagegen ungewappnet? Soll er deshalb mutlos sein? Nein! Sein Rüstzeug ist Wissen, sein Bundesgenosse die biologische Erkenntnis. Verstand, Forschungstrieb, Erfindungsgabe, das allein sind die natürlichen Werkzeuge des Menschen, um Herr zu sein auf Erden. Je weniger er sich abhalten läßt, von ihnen Gebrauch zu machen nach Kräften, seine Denkkraft zu vertiefen und zu verallgemeinern, sein Wissen allen zugänglich zu machen, seine Einrichtungen gegenseitiger Hilfe gemeinnützig zu gestalten, desto mutiger, desto hoffnungsvoller kann er sein. Sei fortschrittlich, sei gebildet! ruft uns die Phytopathologie zu. Der wahre Feind des Landwirtes ist seine Unwissenheit! Wer sich das klargemacht hat, versteht das Paradoxon, daß man durch Verbesserung der Volksschule die Pflanzenkrankheiten bekämpfen könne.

Ich sprach bisher vom Landwirt allein. Aber auch Gärtner und Forstmann haben redlich teil an den „Pilzsorgen". Der erstere fürchtet den sogen. Vermehrungspilz, dessen wahre Natur noch (als dankbare Aufgabe für einen aufs Praktische gerichteten Forscher) festzustellen ist. Gegenwärtig läßt sich noch nicht mehr sagen, als daß die Stecklingskästen oder Vermehrungshäuser, in denen sich einmal dieser feine Pilzschleier eingenistet hat, der die Keimpflänzchen und Stecklinge rasch schwarzbeinig und hinfällig macht, ganz geräumt werden müssen, weil man durch nichts den Siegeszug des unheimlich rasch wandernden moniliaartigen Pilzes aufhalten kann.

Welcher Gärtner kennt nicht auch den grauen Schimmel auf den Pelargonien, Primeln, Gloxinien, an Tulpenzwiebeln, Päonien, Zinerarien, Maiblumen, Schneeglöckchenkulturen? Helfen kann man ihm nicht, denn es nützt ihm leider nicht viel, wenn er erfährt, dieser Schimmel führe den Namen Botrytis und sei eine Nebenfruchtform eines Sclerotinia-Pilzes. Mehr weiß man aber nicht darüber, außer vielleicht, daß dieselbe Botrytis cinerea unter Umständen ein heißersehntes und nützliches Pflänzchen ist, wenn sie sich nämlich als Edelfäule auf den reifen Trauben einnistet. Im Tokaierweingebiet ist dieser Pilz eine wahre Hauspflanze; der durch ihn verursachten Nachreife schreibt man, wie mir ein dortiger Fachmann erzählte, den besonderen Zuckerreichtum und die Würze dieser Wundertrauben zu, aus denen man die verschiedenen schweren Ausbruch- und Muskatellerweine keltert.

Das mag den Gärtner mit Neid erfüllen, der sich besonders in lichtarmen Wintern trotz allen Lüftens und Trockenhaltens kaum des Schimmels in den Glashäusern erwehren kann. Ihm machen Meltau auf Gemüsen und Zierpflanzen, Rost auf fast allen seinen Pfleglingen, Blattflecken auf den weichblätterigen Pflanzen ununterbrochen neue Arbeit und schädigen seine Ernte ganz besonders, da es dem Ziergärtner nicht auf Früchteertrag, sondern auf tadelloses ästhetisches Aussehen seiner Pflanze ankommt.

Dr. Arno Naumann gibt in seinem Werke über die Pilzkrankheiten gärtnerischer Kulturgewächse, das sich als kurzes, billiges und sehr brauchbares Handbüchlein dem Gärtner empfiehlt, eine Zusammenstellung mehrerer hundert Krankheiten von Zier- und Gemüsepflanzen nebst Angaben, wie sie zu erkennen und bekämpfen sind.

Seine Tabelle, nach der man den Charakter der Krankheit an den äußeren Merkmalen erkennen kann, ist so gut, daß ich sie gern übernehme.

Er sagt:

1. Weißliche bis grauviolette, verwischbare, schimmelige Überzüge meist an der Blattunterseite deuten auf falschen Meltau (Rosen, Fingerhut, Lilien).

2. Grauweißer dichter Überzug an grünen Pflanzenteilen bei gleichzeitigem Auftreten winziger, nur mit der Lupe wahrnehmbarer Kugeln = echter Meltau (besonders Rosenmeltau, Chrysanthemen).

3. Schwarze, rußige Krusten an Blättern und jungen Trieben = Rußtau (Oleander).

4. Rostbraune oder schwarze, staubartige Häufchen oder Streifen an Stengeln und Blättern = Rost (besonders an Astern, Chrysanthemen, Rhododendren, Primeln, Malven, Balsaminen, Veilchen, Ranunkulazeen, Nelken, Schwertlilien).

5. Auf rötlich oder gelblich gefärbten Stellen hellere Pusteln, die sich später krater- oder napfförmig öffnen = Becherrost (Äzidien), an Rosen und Stauden verschiedenster Art.

6. Blasig aufgetriebene, graue mit schwarzem Pulver erfüllte Stengel und Blattstriemen = Brand; ebenso dunkelbraunes Pulver im Innern nicht geöffneter Knospen von Körbchenblütlern (Veilchenstengelbrand), an Tulpen und Gladiolus.

7. Staubbeutel mit violettem Pulver erfüllt = Staubbeutelbrand, besonders bei Nelken.

8. Blattflecken von gelber, rötlicher, violetter Färbung = Blattfleckenpilze. Sehr häufig besonders bei Veilchen, Kamelien, Tabak, Goldlack, Nelken, Rhabarber; Narzissen, Maiblumen, Farnen, Salat, Tomaten.

Die allgemeinen Kampfmittel sind gegen Meltau und Ruß das Schwefeln, gegen Blattflecken und falschen Meltau das Spritzen mit Kupfermitteln. Gegen die übrigen sind nur Vorbeugungsmaßregeln wirksam, wie das Vermeiden feuchter von Bäumen eingeschlossener Lagen, Wahl widerstandsfähiger Sorten, deren es auch bei Gemüsen und Gartenpflanzen gibt, Feldwechsel, Fruchtwechsel und vor allem rücksichtslose Entfernung und Vernichtung aller befallenen Pflanzen und Pflanzenteile.

Unter Berücksichtigung dessen, was schon bei Getreide- Obst- und Weinkrankheiten über die Bekämpfung gesagt wurde und was an allgemein mykologischen Anleitungen hier zu finden ist, kann es nicht schwer fallen, in Zimmer und Garten für die Praxis genügenden Aufschluß über die Natur des Schädlings zu finden, um dessentwillen man hier nachschlägt.

Und man wird als Praktiker diesen Abschnitt nicht nutzlos studieren, wenn man sich durch ihn überzeugen läßt, daß namentlich bei den zarteren Stuben- und Gartengewächsen, die, oft anderen Himmelsstrichen entsprungen, bei uns ohnedies nur das heimlich kränkelnde Dasein von Menagerietieren führen, wichtiger als die Pflanzenheilkunde die Pflanzenhygiene ist.

Genügende, vor allem geeignete Nahrung, doch wieder nicht die übermäßige Stickstoffdüngung, in die so viele Gärtner und Pflanzenfreunde verrannt sind, und die mit Sicherheit widerstandslos gegen die Angriffe der Pilze macht, nicht zu reichliches Gießen und Spritzen, aber Lüften, Lüften, Lüften! Das sind die Grundregeln der

Hygiene für Topfpflanzen, Glashaus- und auch Freilandkulturen. Schreibt mit goldenen Lettern über Blumentisch und Gärtnereien:

Auch die Pflanze ist ein Licht-Luftgeschöpf wie der Mensch!

Dem Forstmann braucht man diese goldene Weisheit nicht zu predigen, denn er hat ihre Wahrheit stündlich vor Augen, wenn er durch sein Revier wandert. Wie anders muten ihn Waldparzellen an, wo auf gut durchlüftetem Bergeshang vollkronig in lockerem Stand kerngesundes Holz wächst, als ein in feuchte Winkel und Schatten gedrängter, in stockenden Tälern sumpfender Forst, in dem er mit Sicherheit einen Krankheitsherd erwarten kann, wenn es in nassem Sommer den stets lauernden Baumpilzen gelingt, das Gleichgewicht zu zerstören, in dem sich die gesamte Lebewelt des Waldes befindet.

Agaricus melleus als Waldverwüster. Fruchtkörper des Pilzes. (Originalphotographie von Prof. Dr. H. Molisch, Prag).

Dieses Gleichgewicht birgt übrigens dafür, daß im großen und ganzen der Wald viel mehr verschont bleibt von den Pflanzenkrankheiten als alle anderen Kulturländereien. Es ist das ein meines Wissens noch gar nicht ausgespielter Trumpf zugunsten der biologischen Krankheitstheorie, daß die gleichen Schlauchpilze und ihre Schimmelformen, die uns Gemüse, Obst und Brot wegessen, im Walde nützlich sind sind als Gesundheitswächter und Totengräber.

Nectria cinnabarina, ein Ahornbäumchen, dessen Blätter schon erschlafft sind, tötend. Daneben ein zweijähriges Stück eines getöteten Ahornbäumchens mit Brutzellenpolstern und Perithezien des Pilzes. (Nach der Natur gezeichnet.)

Sie befolgen das stahlharte Wort Nietzsches: Was fällt, das soll man noch stoßen; sie stürzen sich auf das Morsche, Altersschwache, sie töten das Kränkelnde und verzehren das Tote. Sie üben damit eine Auslese, die den Wald als Ganzes dauernd gesund erhält. Im freien, gesunden Land ist eben für Schwächeparasiten nicht zu viel Raum. Und der Schimmel, der die Gartenprinzessinnen in Ohnmacht fallen läßt, duckt sich vor den derben Waldblumen und ist froh, wenn er faule Blätter schmausen darf.

Septoria, Phoma und ihre Genossen sprenkeln zwar, namentlich im Spätsommer, reichlich das Laub der Wälder, aber sie schaden nicht oder doch nur unmerklich. Nur die Rostpilze verlieren auch im Walde nicht die Herr-

schaft.* Die Nadelwälder sind am meisten ihren Angriffen ausgesetzt, und die Kiefernbaumschule leidet sogar so regelmäßig unter der Schüttekrankheit, daß man diese geradezu als die Kinderkrankheit der Kiefern bezeichnet hat. Lophodermium pinastri, wie man gelehrt den Übeltäter bezeichnet, kann nämlich nur 1—8jährige Bäumchen überwältigen; er läßt ihre Nadeln vertrocknen, worauf sie das Bäumchen abschüttelt. Das bedeutet zwar nicht immer den Tod, aber schweres Siechtum trotz dem rettenden Kupfern, das sich auch in der Baumschule bewährt.

Wer in Wäldern Bescheid weiß, hat auch Bekanntschaft mit den Hexenbesen gemacht, deren unheimlicher Name mit dem düsteren Aberglauben des deutschen Altertums in Verbindung steht, daß solche wie Misteln auf den Tannen sitzende Zweigwucherungen der Aufenthalt von Walddämonen seien.

Hexenbesen der Tanne.

Die Hexenbesen sind Pilzgallen, erzeugt durch ein Aecidium elatinum, das zu dem Rostpilz der reizenden Hornkräuter (Cerastium) gehört, die im Spätfrühling die Auen mit weißen Blütensternen besticken. Sie wären auch nur ein Kuriosum, wenn sich nicht im Anschluß an sie der Krebs der Weißtannen entwickelte.

An Rotbuchen, Eichen, Erlen, Birken, Ahornen bringt der uns schon als Bildner des Obstbaumkrebses angezeigte Nectria-Pilz (siehe das Bild) ein oft höchst gefährliches Absterben ganzer Bäume zuwege, so daß der Forstmann mit Recht erschrickt, wenn er die zinnoberroten Knoten dieses grimmen Holzfeindes in seinem Walde erblickt. Die großen, schwarzen Runzelschorfe, die im Nachsommer allüberall in Anlagen und an den Bergahornen des Waldessaumes die Ahornblätter verunzieren und vorzeitig abfallen lassen und die der Laie als schwere Erkrankung einschätzt, lassen hingegen den gewiegten Förster ziemlich kühl. Ebenso wie bei den menschlichen Krankheiten decken sich nämlich Krankheitsbild und wirkliche Gefährlichkeit auch in der Phytomedizin nur selten. Die allergefährlichsten Pilzkrank-

* Melampsora pinitorquum verursacht die Drehwüchsigkeit der Kiefern durch ihr Äzidium, M. tremulae das Abwerfen der Nadeln bei den Lärchen (Lärchenrost) oft als wahrer Forstverwüster.

heiten der Waldbäume bieten z. B. ein ziemlich harmloses und unauffälliges Bild. Ich meine die holzzerstörenden Baumpilze, welche die Waldrente jährlich um Millionen kürzen; sie sind um so tückischere Feinde, als ihnen der Forstmann eigentlich doch nur zähneknirschend zusehen kann.

Schmarotzende Löcherpilze auf einem Waldgiganten im Tegernseer Urwalde. (Originalaufnahme von H. Dopfer-München.)

Wie allgemein und doch heimlich der Hallimasch am Holz der Forste frißt, war in der Biologie der Pilze zu lesen; wie massenhaft in einem überständigen Wald die Baumschwämme sich des Überlebten bemächtigen, kann man da und dort in geschonten oder vernachlässigten Revieren staunend wahrnehmen. Die prächtige Naturaufnahme, mit der ich diese Behauptung belegen kann, stammt z. B. aus dem Urwald in den Tegernseer Bergen, mit dessen Beschreibung sich dieses Werk einleitete. Zu Hunderten werden dort die vieljährigen Tannen und Buchen von Polyporus- und Trametes-Arten bewachsen, deren Myzel Zelle um Zelle vermorscht, leise zerstörend und aushöhlend, nach außen durch nichts kenntlich und doch so wirksam, daß eines Tages der knorrige Riese, der mit allen Stürmen rang, von selbst in sich einstürzt. Und aus dem überbleibenden traurigen Baumgespenst der Rohne rieselt gelber Staub, und in das vermuckte und verzunderte Holz läßt sich der Stock leicht tief einbohren, weil der Schwamm und die in seinem Gefolge lebenden Borkenkäfer schon seit Jahren an dem Kernholz fraßen.

Deshalb lehrt die Forstakademie mit besonderem Fleiß der Röhrenpilze Naturgeschichte und prägt es ein, auf die Astwunden acht zu haben als die Eingangspforten des so schädlichen Trametes pini, des Polyporus sulfureus, der die Rotfäule der Eichen nach sich zieht, des P. betulinus, dem ganze Birkenhaine zum Opfer fallen, und vieler anderer mehr. Alle sehen ähnlich aus, schaden ähnlich und bereiten

wie Rachegeister der in ihrer Lebensblüte gefällten Bäume dann noch dem Holzhändler am Lagerplatz und dem Zimmermann Sorge und Verdruß. Vom Walde kam auch die Geißel der leichtfertigen Baumeister, der Allerweltsschädling Hausschwamm, dessen Wesen jeder kennen muß, weil jedermann in die Lage kommen kann, den verzweifelten Kampf mit ihm aufzunehmen. Gibt es doch bei uns manche Städte, wo er in jedem dritten Hause sein Unwesen treibt. Wo ihn Klima und die Notwendigkeit

Polyporus versicolor L., ein Holzzerstörer.
(Originalaufnahme von Oberlehrer G. E. F. Schulz-Friedenau, Natururkunden 1908, Verl. von Paul Parey-Berlin).

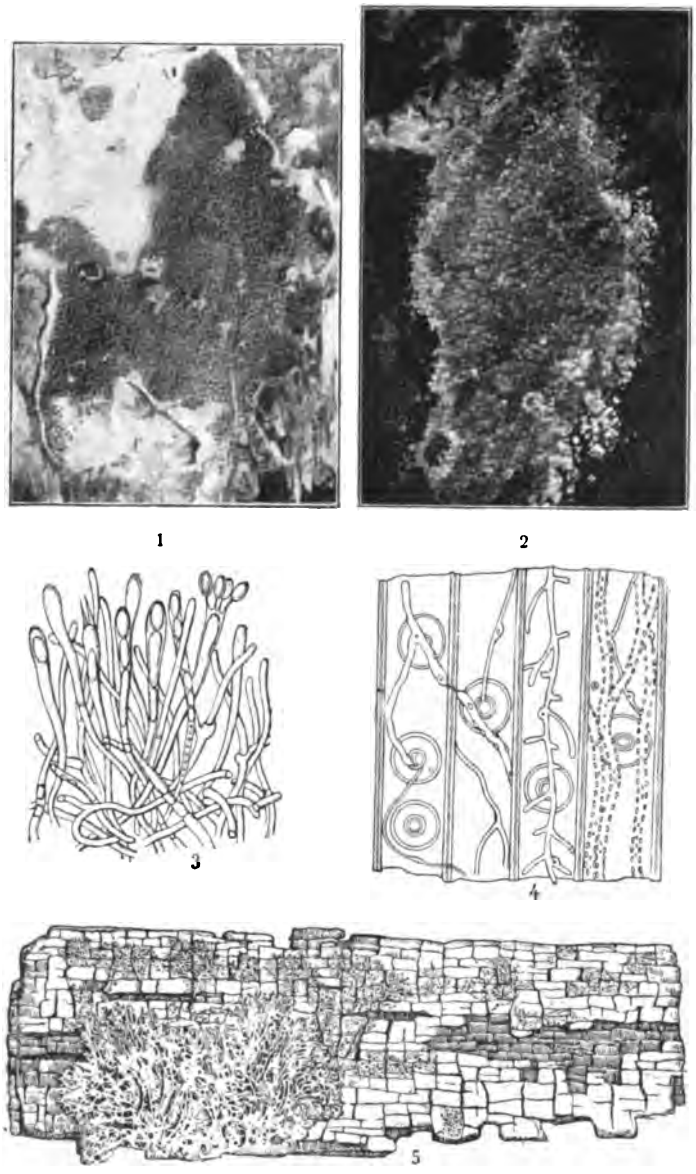
vieler Holzbauten begünstigen, wird er zur ständigen Plage. So muß es wohl in unserer jüngsten Kolonie in Kiautschau sein, denn wie mir ein Leser dieses Werkes von dort mitteilte und mit Proben belegte, gehen die holzzerstörenden Pilze dort sogar auf die Linoleumbeläge des Bodens über!

Einem Pilze, der täglich auf dem Erdenrunde Millionen verzehrt*, hat man gezwungenerweise äußerste Aufmerksamkeit geschenkt. Daher kann man eine ganze Bücherei über den Hausschwamm zusammenbringen, die dann wie gewöhnlich bei zuviel Wissen vor lauter Einzelheiten das einzig nützliche Allgemeine übersehen läßt.

Will man nicht in diesen Fehler verfallen, so wird man guttun, darauf zu achten, daß der Hausschwamm vor hundert Jahren unbekannt war, woraus leicht zu folgern ist, daß die solide Bauart von früher ihre besonderen Vorteile hatte. Woher kam er seit

* Mit der Einschränkung, daß er in den Tropen durch Polyporus vaporarius vertreten wird.

jener Zeit? Die älteren Forscher, wie Göppert, glaubten merkwürdigerweise, er sei nur eine Kulturpflanze, die nicht mehr wild wachse, die, wie sich der genannte Forscher ausdrückte, ihren Heimatschein verloren habe. Daran ist nun kein Zweifel, daß der Hausschwamm heute im allgemeinen durch Arbeitsgerät, altes Baumaterial, durch die Arbeiter, ja einfach durch den Wind verbreitet wird, weil er sich durch so reichlich abgeschnürte winzige Sporen fortpflanzt, daß ein infiziertes Haus einen ganzen Stadtteil verpesten kann. Ursprünglich kam und kommt er aber doch aus dem Walde, wo man ihn in neuerer Zeit an Kiefernstümpfen, wenn auch selten, angetroffen hat. Nur ist er dort wieder — gezügelt durch die große Harmonie der Natur — ein ziemlich bedeutungsloses Pilzchen.



Holzzerstörende Pilze.

1 = Fruchtkörper des Hausschwammes (Merulius lacrymans). 2 = Fruchtkörper von Coniophora cerebella Pers., einem Holzzerstörer des Bauholzes. 3 = Basidien aus dem Fruchtkörper des Hausschwammes. 4 = Fichtenholzzellen vom Hausschwammmyzel durchwuchert. 5 = Zersetzung (Schwindrisse) eines vom Hausschwamm befallenen Brettes. (Fig. 1—2 = Originalaufnahmen, 3—4 nach Hartig. 5 = nach Tubeuf: Holzzerstörende Pilze in Lafars Handbuch der techn. Mykologie. 1904—1906.)

Sein wissenschaftlicher Steckbrief lautet etwa: Name: Merulius lacrymans Fries, gehört zur Familie der Löcherschwämme (Polyporaceae). Tritt auf als weißes, spinnwebartiges Myzel, das, im Alter grau und braun, dickere Myzelstränge entsendet, die, weithin fortkriechend, noch gesundes Holz ergreifen. Die Fäden bohren sich durch Abscheidung von Enzymen in die Holzzellen ein, von deren Eiweiß-, Stärke-, Zellulose- und sonstigem Stoffgehalt sie leben.

So frißt der Pilz Zelle um Zelle auf, vermehrt seine Fäden zu watteartigen Massen, bis ihm sein Kraftüberschuß die Fortpflanzung gestattet. Dann treibt er, am liebsten im Dunklen, Fruchtkörper, die manchmal nur 4 cm Durchmesser haben, manchmal aber auch einen Meter erreichen. Es sind einfache, krustenartige oder fladenförmige Gebilde, in der Mitte meist schön braunrot, die in wabenförmigen Vertiefungen gelbe, nierenförmige Sporen abschnüren, die so klein sind, daß ein Kubikmillimeter 4 Millionen fassen könnte. Um diese Zeit tränt der Schwamm; wie bei einem Ekzem sondern sich aus den Borken, unter denen das Holz „schwindrissig" — wie der Zimmermann sagt — zerfällt, helle Tropfen ab.

Durch eine sehr eigentümliche physiologische Fähigkeit vermag sich der Pilz Wasser auch an ganz trockenen Orten zu beschaffen. Seine Stränge enthalten nämlich neben Festigungs- und Ernährungsfasern auch weite Wassergefäße, in denen er sich viele Meter weit, von feuchten Gründen her, soviel Wasser in ganz trockene Stuben schleppt, daß sie schon dadurch ungesund und unbewohnbar werden müßten und durch den eigentümlichen Hausschwammgeruch verpestet, wenn nicht zudem das durch ihn seine Tragkraft und Elastizität verlierende, braunwerdende Gebälk zerstört würde.*

Neuere Untersuchungen haben diese Kenntnisse in wertvoller Weise erweitert.

R. Falck hat in der Zeitschrift für Hygiene vor kurzem behauptet, daß der Hausschwamm der Wälder, den er M. silvester nennt, eine physiologisch andere Art sei, da sich unser Hausschwamm so sehr an Zimmertemperatur angepaßt habe, daß er nur zwischen 17—23° C gut gedeiht, bei 34° C schon abstirbt und durch eine Temperatur von 40° C sogar binnen einer Stunde getötet wird.

Wenn sich das bewahrheitet, wäre die Hausschwammfrage auf das einfachste gelöst. Die Legion teuerer und umständlich anzuwendender Mittel, als da sind: Bleiazetatlösungen, Kreosotol, Karbolineum, Sublimat, Borax, 1% Kupfervitriol und noch viele andere „Geheimmittel", die in den Zeitungen angepriesen werden, sie wären dann überflüssig. Leider ist dies erst Hoffnung, aber noch nicht Wirklichkeit. Darum haben die Ratschläge noch immer ihre Gültigkeit, welche die angewandte Botanik dem Baumeister zu geben hat und die da lauten:

Man darf nur gut ausgetrocknetes Holz zum Bauen verwenden. Man muß langsamer bauen, als es heute üblich ist. Der Rohbau muß schon trocken sein, bevor das Einmauern der Balken beginnen kann. Ohne Isolierschichten darf man nicht bauen, denn feuchte Wände ziehen den Hausschwamm nach sich. Und schließlich möge man nicht vergessen, daß steter Luftwechsel dem Hauspilze sehr lästig ist, ihn am Wachstum hindert, schließlich sogar tötet.

Wer also beim Bauen nicht spart, der ist am sparsamsten gewesen.

Neben diesem kurzen Überblick des für jedermann über den Hausschwamm Wissensnotwendigen, wird man guttun, sich zu merken, daß er durchaus nicht der einzige dem Baumeister feindliche Pilz ist. Neben ihm tritt manchmal ebenso häufig und überall ebenso schädlich der Lohporenschwamm (Polyporus vaporarius Fr.) auf, der aus dem Tannenwalde oft zur Säge und zum Zimmermann gelangt. Er tritt ähnlich

* Es verliert 59—68% seiner Substanz.

auf, unterscheidet sich aber darin von Merulius, daß er das Wasser nicht leitet, weshalb er auch leichter zu bekämpfen ist, da ihn Trockenheit unfehlbar tötet.

Auch andere Bauholzkrankheiten beschäftigen die Männer der Praxis, an die wir hier gerade nur erinnern können. Die Trockenfäule des Holzes verdankt man dem P. destructor Schrd. Die Bergwerke haben ihre reiche und gefürchtete Pilzflora. Die Eichenstuben und Täfelungen alter Schlösser finden ihre Liebhaber, sowie Waschküchenfußböden, Brückengeländer und Zaunlatten, die wieder ihre besonderen zerstörenden Pilze haben. Es gibt etliche, die Buchenholz grün färben, andere, die Tannenholz blauschwarz, noch andere, die Eichenholz rotbraun machen und Parkettfußböden zerstören. Man sollte wahrhaft eine Botanik für Hausbesitzer und Bautischler schreiben und mykologische Kurse für Kunstgewerbler einrichten, so viel Werte werden durch die ewig-hungrigen Pilzfäden verzehrt. Sie haben es uns gelehrt, alle in die Erde eingerammten Pfähle zu imprägnieren: das Holzpflaster der Straßen, die Telegraphenstangen, die Weinbergpfähle, Hopfenstangen, die Schwellen der Eisenbahn, alles muß besonders geschützt werden vor den die ganze Erdoberfläche durchwühlenden Pilzfäden. In diesen symbolisieren sich geradezu der gigantische Lebenshunger und die märchenhafte Lebenskraft, womit die Pflanzenwelt nach Alleinherrschaft strebt, uns, ihre darin ebenbürtigen Rivalen, heimlich und offen, Tag und Nacht bekriegend.

Jawohl, das hinfällige, hilflose Geschöpf, die Pflanze, preisgegeben unserer Laune und Gnade, daher fast stets nur mit sentimentalen Gefühlen von uns betrachtet, hat auch eine andere, fürchterliche, eine imponierende Seite. Sie zwingt uns stolze Herren der Erde sogar zu einem Kampf ums Dasein, in dem wir nicht immer siegen. Der Bazillus wirft uns nieder, ein Aufschäumen seiner Vermehrungskraft läßt uns in Verzweiflung ums Leben betteln; das vielgestaltige Pilzchen schaltet mit unserem Gut, als ob es der wahre Herr darüber wäre, wie oft entscheidet es, ob der göttergleiche Mensch hungern muß! Im Kleinsten sind die stillen Gewalten der Natur am größten, und wie als höhnendes Zeichen dessen, daß es wirklich nur die Angst vor dem Unbegreiflichen ist, was im Menschenhirn den Gottgedanken schafft, steckt im Namen des Rostpilzchens Puccinea Rubigo-vera noch immer die Erinnerung an den Rostgott Robigus, dem der weltbeherrschende Quirite am 25. April einen Hund opferte, um zu erflehen, daß er den Rost von den Feldern fernhalte. . . . .

Wahrhaft ein Satyrspiel von überwältigender Komik und einer erschreckenden Deutlichkeit über die Rolle, die der Mensch im Marionettentheater seiner Einbildungen spielt!

Jawohl, das ist das letzte Wort im allzugroßen Pilzkapitel. Wir sind gegen diese tückischen Zwerge so hilflos wie Gulliver in Liliput. Denken wir doch zurück: gegen den Brand können wir wohl beizen, gegen Blatt- und Fruchtpilze kupfern, gegen Meltau schwefeln, gegen den Brenner mit Eisenvitriol pinseln. Gegen die übrigen Hunderte von feindlichen Pilzen aber können wir nur vorbeugen. Udn auch die obengenannten Mittel heilen nicht, sondern beugen nur vor, mit Ausnahme des Schwefelns. Wohl hat man in Frankreich schon versucht, mit echt gallischem Erfindungsgeist sich die Erfolge der Serumtherapie auch in der Pflanzenheilkunde nutzbar zu machen und mykös erkrankte Pflanzen zu immunisieren. Auch eine innere Therapie hat man angebahnt, da man den Bäumen Heilsalze reichte durch besondere Nährröhren, und es liegen Be-

richte vor, daß man dadurch Obstbäume von Chlorose geheilt habe. Doch sind das nur tastende Versuche. In Wirklichkeit haben sie volle Wahrheit für sich, die pessimistischen Worte, mit denen im größten deutschen Werk über Pflanzenkrankheiten, das wir besitzen, Prof. Sorauer seine Darstellung des Gegenstandes abschließt: „Überlegt man die bisher erreichten Erfolge, so muß man mit einiger Beschämung eingestehen, daß sie gerade bei den wichtigsten Krankheiten, die von Rost- und Brandpilzen verursacht werden, bisher nur recht bescheiden sind. Jahraus, jahrein gehen noch Millionen durch die Krankheiten der Feld- und Gartengewächse verloren, ohne daß wir imstande wären, durch therapeutische Behandlung dagegen etwas tun zu können. Ob es uns überhaupt jemals gelingen wird, durch die jetzt vorhandenen oder später noch zu entdeckenden direkten Bekämpfungsmittel allen Schaden abzuwenden, erscheint sehr zweifelhaft, namentlich wenn wir sehen, wie die moderne Medizin bei menschlichen Epidemien lieber den Weg der Verhütung als der Behandlung einschlägt."

Da stehen wir denn also bei der uralten Weisheit: Vorbeugen ist besser, denn heilen. Eine unterlassene Dummheit schafft mehr Nutzen als zwei ganz kluge Ideen. So kommt es, daß an Stelle der Pflanzenheilkunde immer mehr der Pflanzenschutz tritt und der Landwirt langsam auf den lebensweisen Standpunkt der Chinesen kommt, die den Arzt nicht dafür zahlen, daß er sie kuriert, sondern daß er sie durch seine Ratschläge gesund erhält.

Allerdings hat ja fast jeder Pilz, wie sich Lindau ausdrückt, in seinem Entwicklungsgang eine Achillesferse, wo man ihn verwunden und unschädlich machen kann, und deshalb wird der Pflanzenschutz als Wissenschaft nie ohne das Studium des Pilzlebens sein können. Aber ebenso wichtig ist es, die Biologie der Kulturpflanzen so zu kennen, daß wir ihre Konstitution kräftigen, ihre Disposition zur Erkrankung herabmindern, widerstandsfähige Sorten wählen können.

So hat die Revolution, welche im letzten Jahrzehnt die Botanik von Grund aus umgestaltete, auch dieses entlegene Gebiet des Wissens ergriffen, denn die Ideen „biologischer Pflanzenmedizin", wie sie hier entwickelt wurden, decken sich mit den Bestrebungen der führenden Geister im Pflanzenschutz. Die einseitige Parasitenlehre, die von der Stube aus die reiche blühende Welt beurteilen wollte, wird verlassen, und man kann mit Recht sagen, wie es Prof. Solla in einer soeben erschienenen Übersicht über die Fortschritte der Phytopathologie ausdrückt: zur Charakterisierung des heutigen Standpunktes sei auf die Ergebnisse der letzten internationalen landwirtschaftlichen Kongresse zu Paris und Rom hingewiesen, die uns lehrten, „die Verbreitung der parasitären Krankheiten hänge nicht von der Häufigkeit der Parasiten allein ab, sondern auch von der Konstitution und dem Gesundheitszustand der Pflanze."

Anleitungen zur Weiterbildung auf dem Gebiete des Pflanzenschutzes.

Es ist nicht leicht, bei dem Übermaß von Wegweisern auf dem Gebiete sich zu orientieren. Das größte und ausführlichste Werk über den Gegenstand ist das

1. Handbuch der Pflanzenkrankheiten, III. Aufl., herausgegeben von G. Lindau (Bd. II, Pilzkrankheiten), P. Sorauer (Bd. I, Konstitutionskrankheiten), L. Reh (Bd. III, Tierische Schädlinge). Berlin. 8°. 1908. 3 Bände.

Für den praktischen Landwirt empfiehlt sich noch immer das altbewährte Werk von

2. A. B. Frank, Die Krankheiten der Pflanzen, 3 Bände, und das vorwiegend auf das Praktische gerichtete Werk
3. A. B. Frank, Kampfbuch gegen die Schädlinge unserer Feldfrüchte.

Billig und sehr gut ist auch

4. E. v. Tubeuf, Pflanzenkrankheiten, durch kryptogame Parasiten verursacht.
5. E. Hollrung, Pflanzenkrankheiten. Hannover. 8°. 1907.

Als Ergänzung zum Bestimmen der Schädlinge verschaffe sich der Praktiker den mit vielen guten Farbentafeln gezierten Atlas

6. O. Kirchner und F. Boltshäuser, Atlas der Krankheiten und Beschädigungen unserer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen.

Für den Gärtner kommen außerdem in Betracht die Spezialwerke:

7. A. Naumann, Die Pilzkrankheiten gärtnerischer Kulturgewächse und ihre Bekämpfung. I. (Gemüse, Stauden, Annuelle, Kalt-, Warmhauspflanzen). Dresden. 8°. 1907. (Sehr praktisch.)
8. F. Krüger-Rörig, Krankheiten und Beschädigungen der Nutz- und Zierpflanzen des Gartenbaus. Stuttgart. 8°. 1907.

Für den Förster und Baumeister:

9. R. Hartig, Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. Berlin. 8°. 1900.
10. R. Hartig-Tubeuf, Die Zerstörungen des Bauholzes. I. Der echte Hausschwamm. 2. Aufl. Berlin. 1902. (Viel Literatur.)
11. E. v. Tubeuf, Holzzerstörende Pilze und Haltbarmachung des Holzes (in Lafar, Lehrbuch d. techn. Mykologie. III. Bd.). Jena. 8°. 1904—1906.
12. E. Mez, Der Hausschwamm und die übrigen holzzerstörenden Pilze. Dresden. 8°. 1908.

Rein fachwissenschaftlich sind:

13. J. Eriksson-E. Henning, Die Getreideroste, ihre Geschichte und Natur, sowie Maßregeln gegen dieselben. Stockholm. 8°. 1894/95. (Hauptwerk, mit 13 herrlichen Tafeln.)
14. H. Klebahn, Die wirtswechselnden Rostpilze. Berlin. 8°. 1904.
15. P. Sorauer, Atlas d. Pflanzenkrankheiten. Berlin. 1886—1908. (Prachtwerk.)
16. J. Eriksson, Das vegetative Leben der Getreiderostpilze. 4°. 1904. (Schriften d. schwed. Akad. d. Wiss.)

Über Pflanzenschutz handeln:

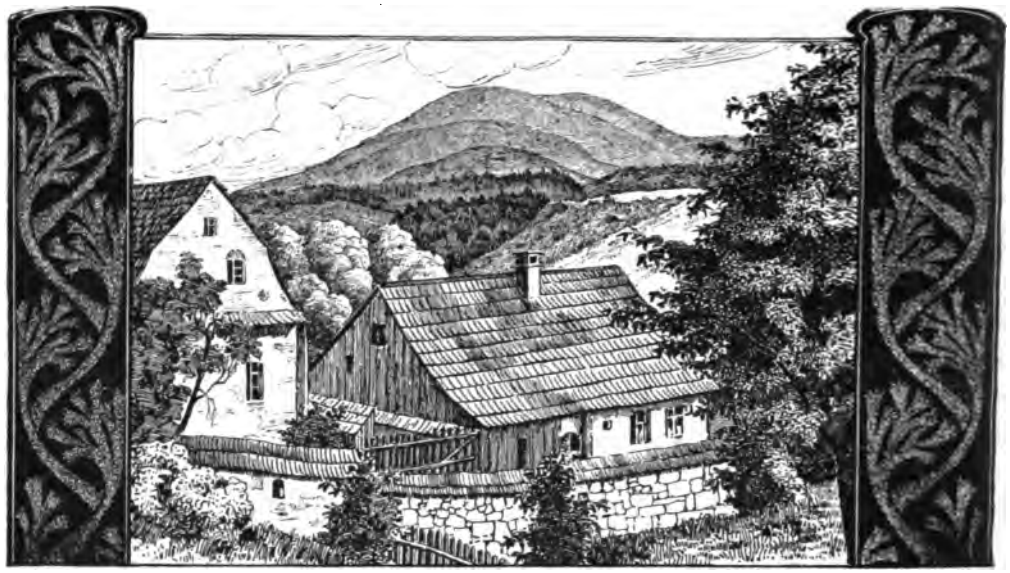
17. M. Hollrung, Jahresbericht über die Neuerungen und Leistungen auf dem Gebiete des Pflanzenschutzes.
18. P. Sorauer und Hollrung, Jahresberichte d. Sonderausschusses f. Pflanzenschutz.

Die wichtigsten deutschen Zeitschriften über den Gegenstand sind:

19. Zeitschrift f. Pflanzenkrankheiten, herausgegeben von P. Sorauer seit 1891.
20. Praktische Blätter für Pflanzenschutz (herausgegeben von L. Hiltner).

Eine internationale Organisation des Pflanzenschutzes strebt Prof. Eriksson in zahlreichen Publikationen an. Dem Gedanken dient seit 1908 eine Zeitschrift:

21. Internationaler phytopathologischer Dienst. Herausgegeben von Prof. P. Sorauer.



Die Hochschar im Hohen Gesenke. (Nach einem Aquarell des Verfassers.)

Die Flechten (Lichenes).

Die zahllosen Naturfreunde Breslaus, die jeden Sommersonntag in ihrem Dorado, dem Riesengebirge und Hohen Gesenke, wandern, haben einen ganz anderen Begriff von der anziehenden Kleinwelt der Flechten, wie die andere Menschheit.

In jenem ernstschönen Ländchen, das der Geograph mit dem Sammelnamen die Sudeten bezeichnet, kommen nämlich die Flechten zu so massenhaftem Gedeihen, daß das Landschaftsbild dadurch oft wahrhaft bestimmt wird. Jene Berge sind aus Urgesteinen, aus Glimmerschiefer und Gneis erbaut, sie sind uralt und von den Gewalten des nagenden Wassers und der zersetzenden Lüfte so abgeschliffen worden, daß sie nur noch in ruhigen Wellen fließen. Sanft abgerundete Kuppen haben sie statt der Spitzen, und dazwischen lagern sich breite Hochrücken, tausend Meter hohe Einsattelungen, so breit, daß eine ganze Stadt darauf Platz hätte, aber auch so rauh und unwirtlich, daß, wie der Führer durch das hohe Gesenke wehmütig sagt, den größten Teil des Jahres Schnee auf ihnen lagert und mit Ausnahme weniger Tage dichter Nebel. Die Flanken dieser Berge beschatten die berühmten Fichtenwälder der Sudeten, ihr Rücken aber ist kahl, mit spärlichem Knieholz oder nur Borstengras oder gar nur mit Moosen und Flechten bedeckt.

Auf weiten Flächen hin geht man dort, etwa auf der hohen Heide im Altvatermassiv oder auf der Hochschar, über einen bald graubraunen, bald violettgrünen, raschelnden und trockenen Teppich von isländischem Moos und Renntierflechten (Cetraria islandica und Cladonia rangiferina), deren Dickicht hier oben dem Hochwild zur Winterzeit ebenso zur kümmerlichen Nahrung dient, wie in der nordischen Tundra

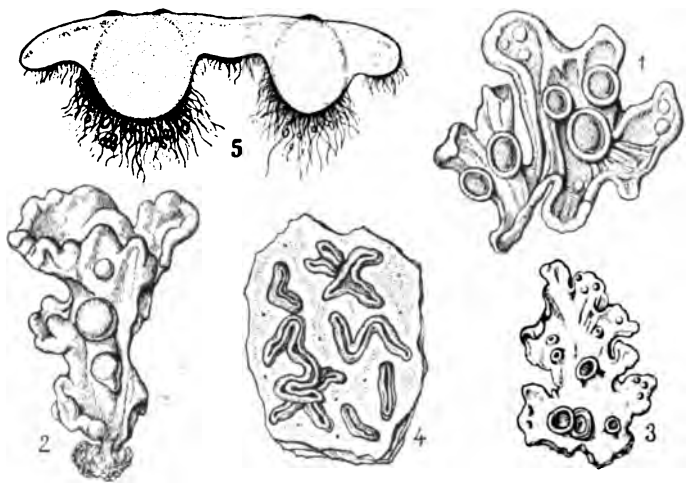
den Renntieren. Den armen schlesischen Weber aber verlockt es, hinaufzusteigen auf seine Kuppen und säckeweise die Flechten heimzutragen zum Stärken der Leinwand.

Diese eigentümliche Pflanzenformation wiederholt sich im Harz, am Brocken, am Feldberg oder an den Hochgipfeln der Vogesen, aber nirgends in solcher Reinheit und Ausdehnung wie hier. So möge uns denn diese Flechtenheide den Wunsch erwecken, näher bekannt zu werden mit einer Pflanzenwelt, deren eigenartige Kunstformen zwar im Rollen der Jahrhunderte so viele Bewunderer gefunden haben, daß über die etwa 100 bekannten Flechtengattungen eine verhältnismäßig ausgebreitetere beschreibende Literatur entstand als sonst über irgendwelche Pflanzengruppe, deren eigenartiges Wesen und Treiben aber noch immer nicht ganz klar zutage liegt.

Schildflechte an einem Baumstumpf im Tegernseer Urwalde.
(Originalaufnahme von H. Dopfer.)

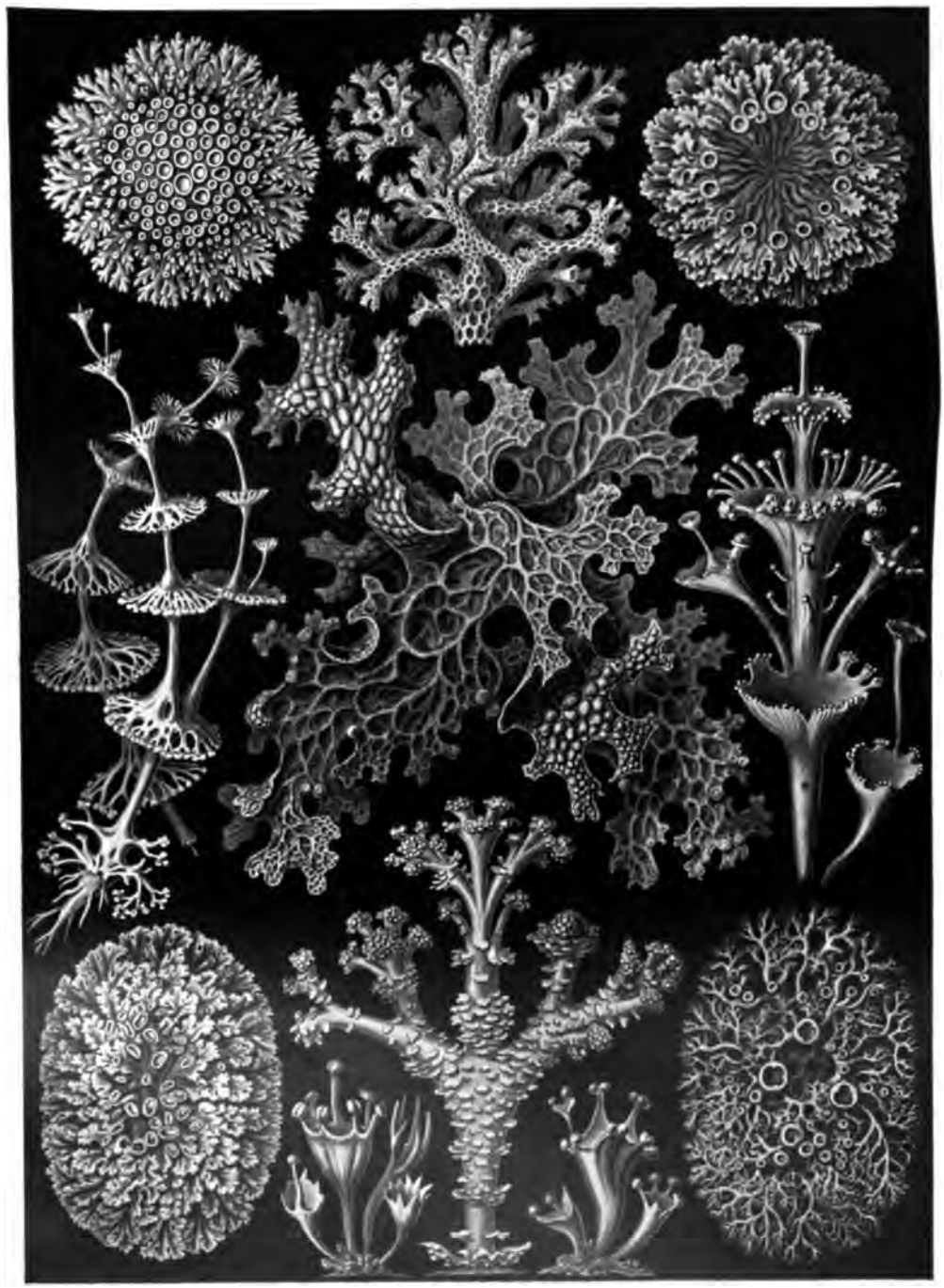
Die Flechten sind nicht mehr so mikroskopisch klein, wie die Mehrzahl der Süßwasseralgen oder der Pilze. Es gibt recht ansehnliche Gestalten darunter, wie die bis $^1/_3$ m lange Lungenflechte (Sticta), der Mittelpunkt unserer Kunsttafel. Wohl stattlich sind auch die wallenden Rübezahlbärte (Usnea), denen man im Mittelalter vieles andichtete, z. B., daß sie auf den Schädeln Gehenkter wüchsen. Neben der abscheulichen „Mumia“ (vertrocknete Totenglieder, von denen Paracelsus besonders die von rotköpfigen Galgenbrüdern für heilkräftig erklärte) wurden sie deshalb in der „Dreckapotheke“ noch fast bis in unsere Tage hinein immer gepriesen und armen leichtgläubigen Kranken um ein Riesengeld aufgeschwatzt. Nicht minder ansehnlich sind die Schildflechten (Peltigera), die man in Tannenwäldern auf Baumstümpfen und Felsen trifft (Bild anbei), und die ganz gemeinen schön gelben Schüsselflechten (Physcia, Parmelia), die alle Bretterwände und Mauern verzieren. Überhaupt tragen die Flechten sehr zum Schmuck der Landschaft bei, indem sie die Felsen im Gebirge mit braunen, rötlichen, gelben, grauen, violetten Krusten

und Mosaiken überziehen oder mit landkartenartigen Gebilden, so besonders die Landkartenflechten (Rhizocarpon geographicum Kbr.) im Gebirge, oder indem sie Bäume und Sträucher mit ungemein zierlichem, silberschimmerndem oder schönfarbigem Spitzenwerk umkleiden, wie die allbekannten, Ramalina, Physcia und Evernia genannten Flechtengattungen. Pertusaria, die Schriftflechte Graphis und namentlich die verschiedensten Becherflechten (Cladonia pyxidata) schmücken im deutschen Walde Bäume und Waldboden auf die reizendste Weise, und der Naturfreund, der es bislang verabsäumt hat, den fast verachteten Flechten etwas mehr Aufmerksamkeit zuzuwenden, sei daran erinnert, daß diese Pflänzchen ihn gerade dann erfreuen, wenn die Pflanzenwelt allgemein zur Ruhe geht. Mit den Moosen, mit denen sie ja das Volk gemeiniglich verwechselt, woher denn echte Flechten als isländisches Moos, Korallenmoos und ähnlich bezeichnet werden, zusammen schmücken sie den Winterwald und breiten ihr Lager sogar gerade dann noch viel üppiger und gefälliger aus, als in der schönen Jahreszeit. Wenn etwas gegen sie spricht, mag es vielleicht ihr starres Aussehen sein. Sie muten wie tot und vertrocknet an, blühen nicht, wachsen kaum, verraten durch nichts, ob auch sie empfinden. Sie sind nur von sehr zartem Gliederbau. Wenn sie strauchartig wachsen, sind sie sehr anmutig; gelappt und zerschlitzt sind sie, wenn sie in Krusten leben, vor allem aber sehr mannigfaltig, weshalb ein Sammler an ihnen sein helles Entzücken haben kann. Das haben sie denn auch weidlich gehabt, die Flechtensammler: seit dem Vater der Flechtenkunde, wie man den skandinavischen Botaniker Ernst Acharius genannt hat, der vor rund 100 Jahren das erste Flechtensystem aufstellte, bis zu Goethe, der im Weimarer Gartenhäuschen sich oft daran ergötzte, und den neueren berühmten Flechtenkennern, wie ein Körber, F. Arnold oder Krempelhuber. Und wahrlich, wenn man sich einführen läßt in das botanische Institut zu München, wo die bedeutendste aller Flechtensammlungen aufbewahrt wird, ist man erstaunt über den in etwa 2000 Arten zersplitterten Formenreichtum so einfacher Wesen und findet es nicht unbegreiflich, daß dadurch Sammelleidenschaft erweckt wird.



1 = Collema pulposum Ach. 2 = Collema jacobaefolium D. C.
3 = Parmelia parietina Ach. 4 = Opegrapha calcarea Ach.
5 = Durchschnitt durch das Lager von Endocarpon miniatum Ach.
(Nach Tulasne.)

Nun haben die Flechten ihren Freunden allerdings die größte Enttäuschung bereitet, die einem Spezialisten nur zustoßen kann. Durch die Flechte Ephebe pubescens Fr., die in den Sudeten als schwarzgrüner, ästiger Rasen auf nassen Felsen wächst, wurde der Berliner Botaniker S. Schwendener (Bild in Bd. II, S. 8) im Jahre 1868



Kunstformen der Flechten.

1 = Parmelia stellaris (Fries), Thallus mit Apothecien. 2 = Cladonia retipora (Floerke), Thallus. 3 = Parmelia olivacea (Achard), Thallus. 4 = Cladonia perfoliata (Hook.), Thallus. 5 = Sticta pulmonaria (Ach.), Thallus mit Apothecien. 6 = Cladonia verticillata (Ach.), Thallus. 7 = Parmelia caperata (Ach.). 8 = Cladonia fimbriata (Fries), Thallus mit Apothecien. 9 = Cl. cornucopiae (Fries), dgl. 10 = Cl. squamosa (Hoffm.), Thallus mit Apothecien. 11 = Hagenia criminalis (Schl.)

(Faksimile aus E. Haeckels Kunstformen der Natur. Leipzig, Bibl. Institut.)

zuerst darauf aufmerksam, daß es um die wahre Natur der Flechten eigen beschaffen sein müsse. Untersucht man sie nämlich mit dem Vergrößerungsglas, so hat man die Blaualge Sirosiphon vor sich, zwischen deren Gallerthüllen feine Pilzfäden eingestreut sind. Ein Verdacht wurde dadurch rege, den man schon lange vorher geäußert hatte, da man in der Gallertflechte Collema (Bild S. 442), die auf Felsen, auf Bäumen oder feuchter Erde nicht allzuselten gefunden wird, Fäden des ganz gewöhnlichen Zittertanges (Nostoc) sah, auch immer wieder beobachtete, daß aus dieser Gallertflechte wahrhaftiges und lebensfähiges Nostok heraustrat.

Schwendener warf den Flechtenkennern kühn den Handschuh hin. Eure 2000 Arten sind gar keine guten Arten, sagte er; das sind Pilze, die parasitisch auf Algen leben! Wenn man nun den Eifer, die Hartnäckigkeit, die Leidenschaftlichkeit kennt, mit der in der beschreibenden Botanik gestritten wird, ob dieses oder jenes Pflanzengebilde als „gute Art" anzusehen sei oder nicht, wird man den Flechtensystematikern das brennende Große der Beleidigung nachempfinden, die ihnen angetan ward, als man ihre ganzen Sorgen dergestalt gegenstandslos machen wollte. Sie bereiteten Schwendener denn auch fürwahr einen schweren Stand, und man kann nicht verhehlen, daß die Anhänglichkeit an den liebgewohnten Standpunkt sie manchmal zu ganz sinnlosen Einwänden verlockte. So behaupteten sie sogar, daß das Blattgrün, das in den von ihnen als Gonidien bezeichneten Algenzellen wirkt, gar kein Chlorophyll sei, sondern etwas ganz besonderes, das sie Thallochlor nannten. Mehr als fünfzehn Jahre lang protestierten sie immer wieder auf das heftigste gegen die Flechtentheorie, und bis heute fehlt es nicht an freilich immer schwächer werdenden Versuchen, doch noch auf die frühere Anschauung über das Wesen der Flechten zurückzukommen. Die Betrachtung eines so hitzig geführten wissenschaftlichen Streites ist für das Verständnis der Naturforschung von großem Nutzen, darum erlaube ich mir, einiges darüber einzuschalten. Alle Erkenntnisse von Wert entsprangen doch aus solchen Streitigkeiten, die unvermeidlich sind, sobald sich Menschen berufmäßig mit etwas beschäftigen. Denn da werden sie jeden Irrtum, jeden Denkfehler, den man ihnen nachweist, als Berufsstörung empfinden, und sie werden um so empfindlicher sein, je mehr an Umlernen ihnen zugemutet wird und je ferner ihrer Berufsgenossenschaft derjenige steht, der ihnen das Unangenehme zumutet.

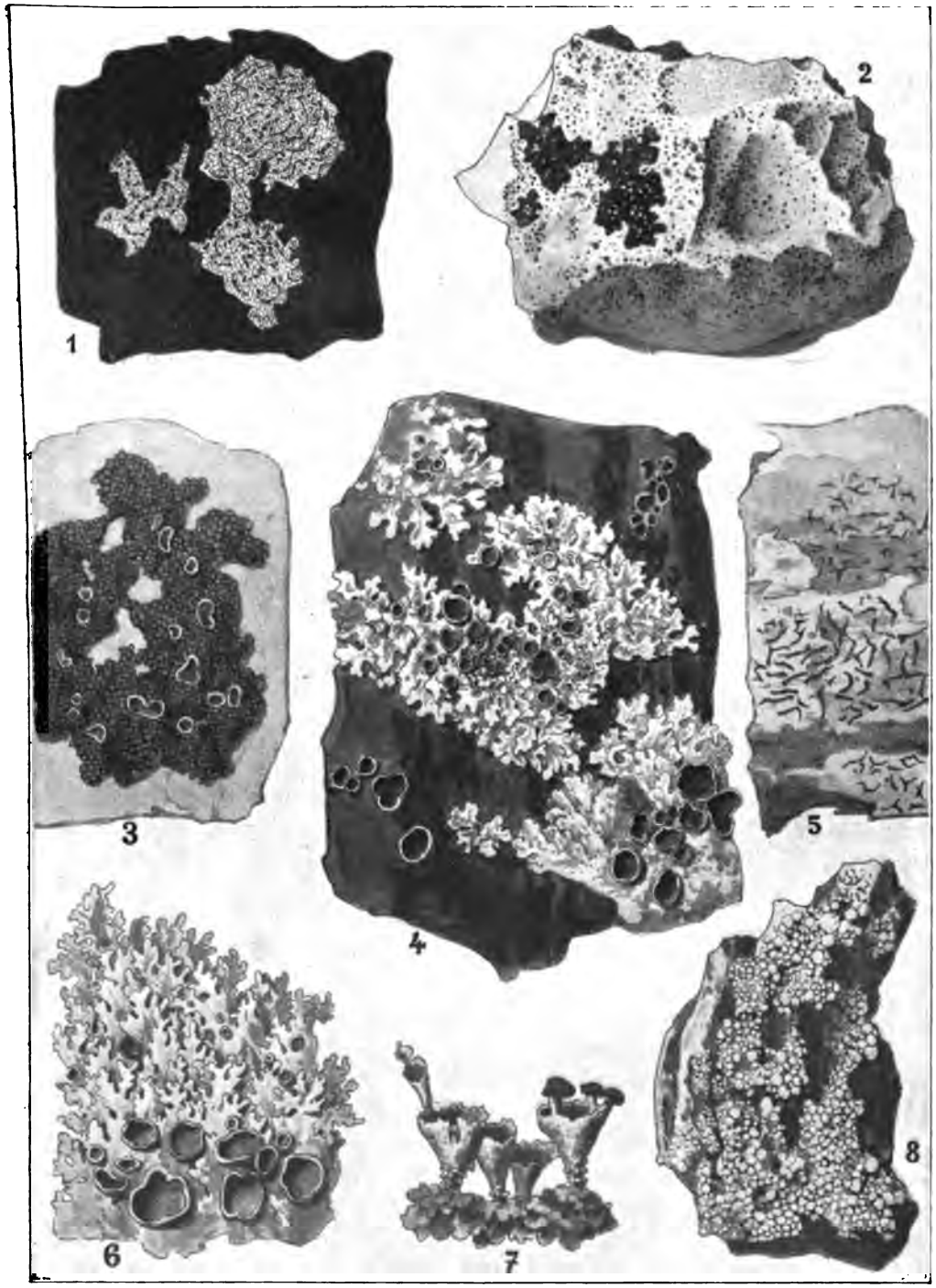
Man blicke doch auf eine wissenschaftliche Frage von Belang, sei es die Infektionstheorie der Bakteriologie oder das Verhältnis von Seele und Leib, sei es die Erklärung der organischen Zweckmäßigkeit oder die Kant-Laplacesche Nebularhypothese: stets sehen wir die Forscher und Denker in zwei Lager gespalten, und oft genug betrübt dabei noch die Wahrnehmung, daß es viele Unduldsame in jedem Lager gibt, die da meinen, auch in diesem Kriege sei jedes Mittel erlaubt. Hartnäckig versperren sie sich deshalb jedem wissenschaftlichen Argument; statt unbefangen alles zu prüfen, wie es der Geist der Wissenschaft fordert, hören sie boshaft weg, wenn ihre Gegenpartei spricht; sie stellen sich taub, wenn ihnen Gründe vorgerückt werden, die sachlicher Widerlegung bedürften; sie verschweigen, ignorieren, entstellen, wenn sie reden müssen, werden persönlich, suchen dem Gegner die Existenz zu untergraben, trachten ihn lächerlich zu machen. Kurz, es gibt in allen Wissenschaften und zu allen Zeiten eine Minderheit von Menschen, die prinzipiell den ärgsten Hemmschuh für jedweden Fortschritt

bildet, da sie darin eine persönliche Beleidigung erblickt. Der Spiegel, den Schopenhauer den Philosophieprofessoren seiner Tage vorgehalten hat, erweitert sich zum ganzen Spiegelzimmer, auf je mehr Wissenschaften man ihn anwendet. Das alte: figulus figulum odit (der Töpfer haßt den Töpfer) bleibt eben ewig neu. Und das resigniert-bittere Wort eines meiner Lehrer haftet mir unvergeßlich, als wir einst von diesem kleinlichen Geist in der Gelehrtenrepublik sprachen, der stets eine große Mehrheit anständiger Menschen terrorisiert. „Es ist immer wichtig jung zu sein, wenn man Streit beginnt; die mächtigen Alten kann man doch nie belehren," sagte er, „die müssen wegsterben, darum kann man die herrschende Meinung gerade nur alle dreißig Jahre ändern, und ob man siegt, hängt davon ab, ob man es erlebt ....."

Schwendener bestätigt diese ironische Weisheit. Er hat die dreißig Jahre wirklich erlebt und darum ist er durchgedrungen. Aber sein hartnäckiger Streit mit den Flechtenforschern, der eine der größten Fehden war in der neueren Botanik bis zur gegenwärtig eröffneten über das Innenleben der Pflanze, er hat auch noch in anderer Beziehung Aufklärungen gegeben über die Technik wissenschaftlicher Umwälzungen.

Schwendener hat auch deshalb gesiegt, weil er und seine Freunde sich beizeiten nicht auf das stets unfruchtbare Bombardement der Streitschriften einließen, sondern die Dinge für sich sprechen ließen, durch Versuche und Untersuchungen. In der Biologie ist eben die oberste Autorität doch die Natur. Wenn man sie anruft, kann man sich den Scharfsinn sparen, auf den ohnedies kein Gegner hört. Nur die Tatsachen lassen sich auf die Dauer nicht ignorieren. Indem Bornet etwa 60 Flechtengattungen daraufhin beobachtete, wie sich Pilz und Algen zueinander verhalten, indem er kühn das für unmöglich Erklärte einfach herstellte und die Sporen von Pilzen auf Algen aussäte, um künstliche Flechten zu erhalten, indem sein Landsmann Bonnier solche bis zur „Fruchtreife" erzog, indem eine große Zahl von „Schwendenerianern", wie namentlich Stahl, Borzi, Rees u. a. auf gleichem Wege eine nicht hinwegzudisputierende Barrikade von Erfahrungen errichteten, Famincyn, Woronin, Baranetzky aber die Flechtengonidien experimentell zur Fortpflanzung, sogar durch Schwärmsporen brachten, wenn sie aus dem Thallus ausgeschieden wurden, indem so auf Verunglimpfungen und „theoretische vollständige Widerlegungen" mit beweisenden Wirklichkeiten geantwortet wurde, hat man nicht nur das alte Wort wahr gemacht, daß es keine gute Sache gibt, von der man nicht zuerst das Gegenteil mit Sicherheit logisch bewiesen hätte, sondern es wurde auch die Fortsetzung des Streites auf die würdigste Art unmöglich gemacht.

Daran muß man sich ein Muster nehmen. Die der Wissenschaft sich nur mit Bildungshunger Nahenden haben ein untrügliches Zeichen dafür, auf wessen Seite das Recht in einer Streitfrage ist, wenn sie darauf achten, wer empört und beleidigt ist, wer nur „Autoritäten" anruft, und wer hingegen arbeitet, auch wenn man auf seine experimentellen Beweise aus „Würde" die Antwort schuldig bleibt. Die in der Wissenschaft selbst Arbeitenden aber mögen aus der Geschichte ihres Berufes sich zwei Lehren einprägen. Erst dreißig Jahre entscheiden über das Schicksal des Fortschrittes, so lautet die eine, die man auch so ausdrücken kann, daß es nichts schadet, wenn die „Autoritäten" der Zeit nicht zu gewinnen sind, wohl aber alles nützt, wenn die Jugend dafür zu begeistern ist, sich mit dem Neuen zu beschäftigen. Die zweite Lehre dagegen faßt die



Die häufigsten Flechten.

1 = Rhizocarpon geographicum. 2 = Verrucaria calciseda. 3 = Collema pulposum. 4 = Physcia parietina. 5 = Graphis scripta. 6 = Parmelia imbricaria. 7 = Cladonia pyxidata. 8 = Pertusaria communis. (Nach der Natur gezeichnet von R. Oeffinger.)

Arbeitsmethode aller naturwissenschaftlichen Reformatoren in sich, und die besagt: Möglichst wenig Polemik treiben, aber in möglichst weiten Kreisen Interesse erwecken für das Neue, damit eine Schar von Mitarbeitern gewonnen werde für positive Arbeit und Experimente. Dann ist dem höchsten Ideal des Wahrheitssuchers sogar in dem Fall gedient, wenn sich die neue Aufstellung als irrig erweist.

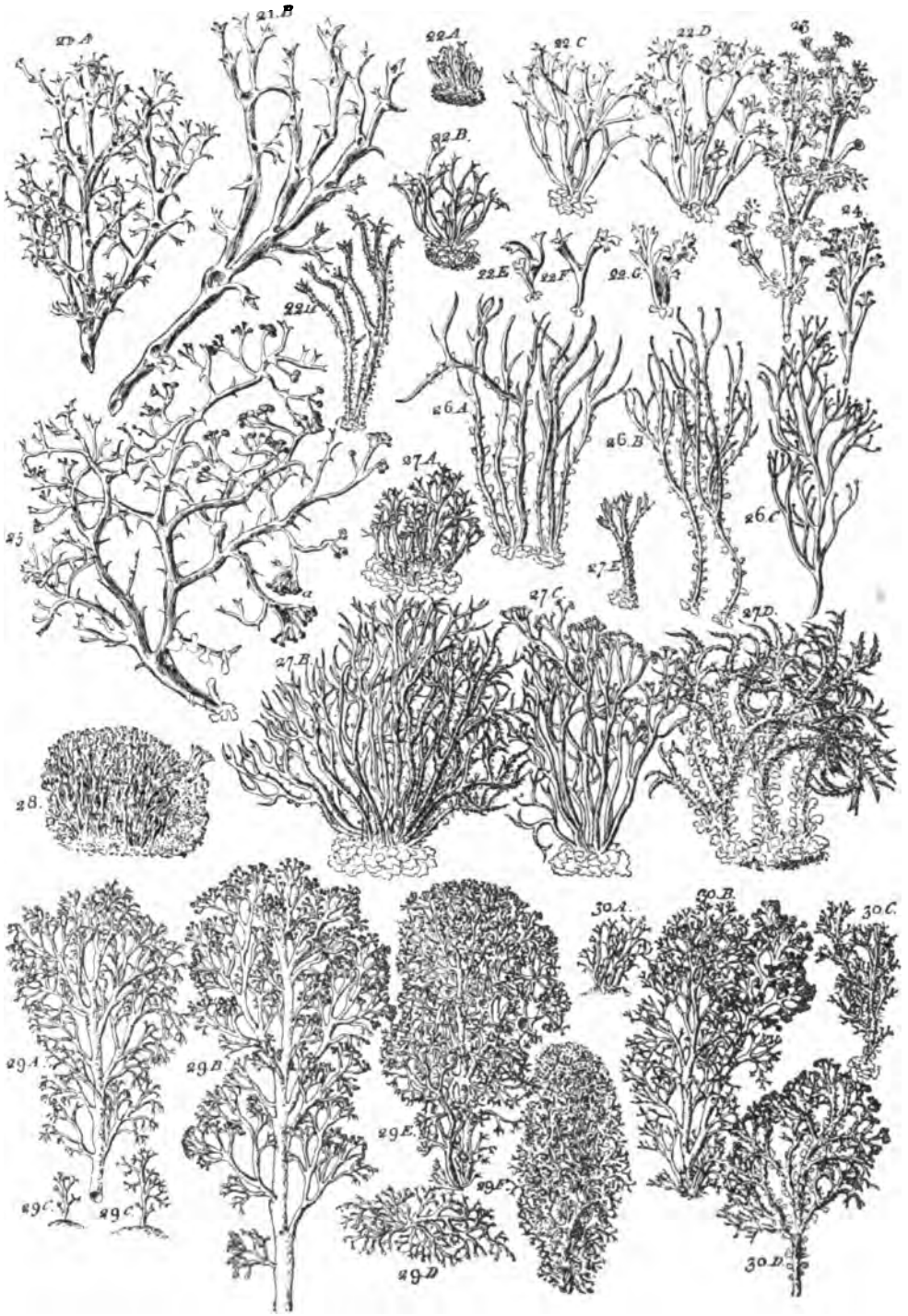
Historie kann so nicht nur die Lehrmeisterin des Politikers, sondern auch des Naturforschers sein, und das wäre der beste Wert einer allerdings in diesem Sinn noch erst zu schreibenden Geschichte der Botanik.

Doch gibt es keine Geschichte ohne Treppenwitz und Ironie. Gar oft siegte das Heer der einigen Führer mühelos, und als es dann ans Teilen der Beute ging, da wurden alle wieder uneinig und um die Früchte des Sieges geprellt. Die Flechtentheorie hat gesiegt, aber die Sieger liegen sich in den Haaren, welche Theorie es sei.

Schwendener hielt den Pilz im Flechtenthallus für den Schmarotzer der Alge; das bekämpfte man und erklärte das gegenseitige Verhältnis für ein wechselseitiges, ein symbiotisches. J. Reinke bezeichnete es als Konsortium, andere nannten es Homobium, es traten Forscher auf, die von einem Endosaprophytismus sprachen. Warming wieder sprach von Helotismus, womit er sagen wollte, daß die Alge im Flechtenkörper zum Pilze in einem gewissen Abhängigkeitsverhältnis stehe, ähnlich wie die Ameisengäste und Blattläuse Heloten der Ameisen sind. Und allerneuestens kehrt N. Birger wieder zur Fahne Schwendeners zurück, so daß es dem Lehrer wahrlich schwer wird, irgend etwas Bestimmtes darüber zu sagen, wie sich die Wissenschaft heute das Zusammenleben von Alge und Pilz vorstellt.

Man ist etwas von dem Streit ermüdet und vernachlässigt heute die Erforschung des Flechtenlebens. So steckt wirklich etwas Wahres in den Vorwürfen, die manche Gegner der Schwendener-Bornetschen Theorie erhoben, so z. B. wenn Körber sagte, daß diese Theorie die Flechtenkunde in ihrem Fortschritt aufgehalten habe. Sie hat sie jedenfalls vorläufig etwas einseitig gemacht und mehr auf die mikroskopische Anatomie, auf die „Analyse und Synthese der Flechtenkruste", wie man gesagt hat, hingelenkt, auf Kosten der Erforschung der Flechtenbiologie und -physiologie.

Und doch hätten wir alle Ursache, das Leben dieser unscheinbaren Gewächse zu beobachten, denn sie sind ganz hervorragend wichtige Glieder der Vegetationsdecke unserer Erde. Bei uns treten zwar die etwa 500 Flechtenarten, die man in Deutschland gefunden hat, nicht eben sonderlich hervor, aber ihre Bedeutung wächst, je unwirtlicher ein Landstrich ist. An den Grenzen der Vegetation, im Norden und im Hochgebirge, werden sie schließlich das wichtigste Florenelement. Schon aus Schweden verladet man Lackmusflechten (Ochrolechia tartarea) in ganzen Schiffsfrachten, und in Island, auf Spitzbergen, in Lappland, in der ganzen Arktis und Antarktis bestimmen sie über Wohl und Wehe vieler Mitgeschöpfe und über Leben und Aussehen großer Landschaften. In Lappland z. B. kennt man nur 656 Blütengewächse, wohl aber 220 Arten von Flechten. Am nackten Felsen, hoch oben an Bauwerken nisten ihre Krusten, ja sie gehen sogar unter Umständen auf Eisen über, man hat sie auf Knochen, sogar auf alten Kirchenfenstern gefunden, und stets waren sie dort Zersetzer des Festen und Vorbereiter neuer Vegetationen. Dabei sind sie beinahe unzerstörbar. Der Kälte spotten sie; in der Hitze können sie dermaßen austrocknen, daß man sie zu Pulver zer-

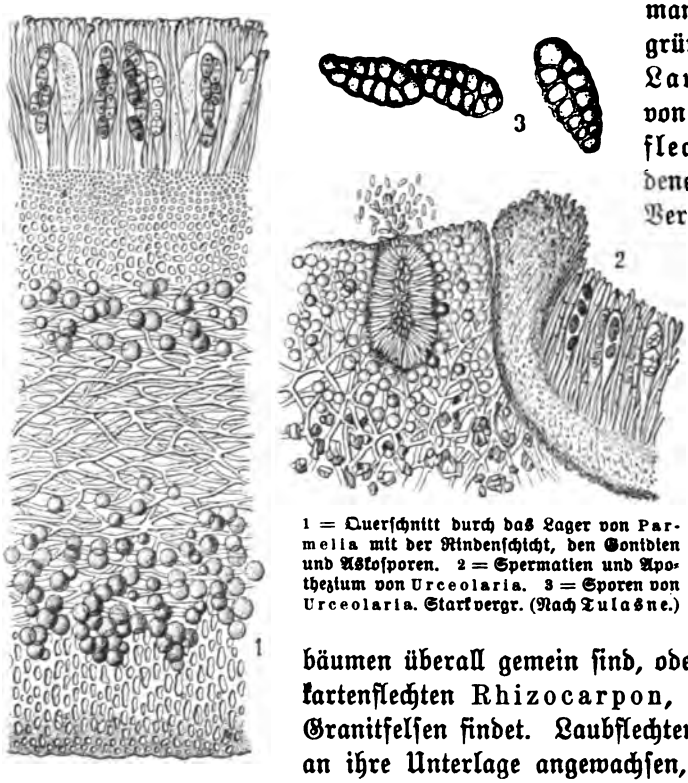


Strauchflechten (Cladonia-Arten).

(Faksimile aus: John J. Dillenius, Historia Muscorum, a general history of Land and Water Mosses and Corals. London. 4°. 1768.)

reiben kann, ohne daß sie Schaden nehmen. Im Regen quellen sie dann wieder auf und wachsen sehr langsam, aber stetig. Sie leben wohl viele Jahre lang. Man hat z. B. eine Schüsselflechte (Physcia) sechs Jahre lang beobachtet. Auf der Wetterseite wuchs ihr Lager während dieser Zeit um drei Zentimeter. Es wird also unsere Erde selbst in ihrem Greisenalter der so überaus genügsamen Flechten nicht entbehren, so wie Flechten auch zu den ältesten Landpflanzen gehört haben mögen, worüber man jedoch auf Vermutungen angewiesen ist, da man zu wenig fossile Flechten und diese erst seit dem Tertiär kennt.

Wenn ich nach diesen Vorbemerkungen in die Schilderung ihres Wesens und Lebens eintreten soll, so möchte ich zuerst der praktischen Unterscheidung gedenken, die man auf ihre Wachstumformen gründet, wenn man Krusten-, Laub- und Strauchflechten von Faden- und Gallertflechten unterscheidet, von denen man häufige und typische Vertreter auf vorstehenden Zeichnungen abgebildet findet. Die ursprüngliche Form ist ja sicher die Krustenform gewesen, wie sie in einfachster Ausbildung an den Zeichenflechten zu sehen ist, die ebenso wie Opegrapha varia oder Arthonia minutula oder Pertusaria auf der Rinde von Laubbäumen überall gemein sind, oder an den hübschen Landkartenflechten Rhizocarpon, die man jedoch nur auf Granitfelsen findet. Laubflechten sind nicht mehr so ganz an ihre Unterlage angewachsen, wofür die sehr gemeine Imbricaria conspersa (Bild) als Beispiel dienen möge. In was man die gallertigen Massen von Collema einzuteilen habe oder die verzweigten Fäden der Bartflechte Usnea, brauche ich nicht zu schildern. Wie eigen der Wuchs unserer schönsten Strauchflechten ist, dafür zeuge ein seltenes und schönes Faksimile aus des alten Dillenius „Historia Muscorum“ von anno 1768, dem ersten Werke, welches „das Lichen“, wie der Fachmann mit Vorliebe sagt, trefflich abbildete, wenn es auch seine wahre Natur so verkannte, daß es die Flechten unter die Moose rechnet. Der Ausdruck „das Lichen“ hat, nebenbei erwähnt, auch historischen Sinn, da Linné tatsächlich die ganze Klasse in eine einzige Gattung Lichen zusammengefaßt hat.



1 = Querschnitt durch das Lager von Parmelia mit der Rindenschicht, den Gonidien und Askosporen. 2 = Spermatien und Apothezium von Urceolaria. 3 = Sporen von Urceolaria. Starkvergr. (Nach Tulasne.)

Diese rein gestaltlichen Unterschiede, auf denen früher die Flechtenkunde natürlich ihre Systeme aufführte, haben ihren wissenschaftlichen Wert dadurch verloren, daß

Die Haupttypen der Flechten.

(Nach einem Originalaquarell von R. Oeffinger.)

1 = Schildflechte (Peltigera). — 2 = Rentierflechte (Cladonia rangiferina). — 3 = Isländisches Moos (Cetraria islandica). — 4 = Becherflechte (Cladonia pyxidata). — 5 = Landkartenflechte (Rhizocarpon). — 6 = Bartflechte (Usnea).

UNIV. OF MICH.

man erkannte, der Bau der Flechte sei durch das Zusammenwirken von Pilzen und Algen bestimmt. Die einschlägige Schwendener-Bornetsche Lehre lautet kurz:

Verschiedene Pilze, hauptsächlich Schlauchpilze, verbinden sich im Flechtenlager sowohl mit Grünalgen als auch mit Blaualgen.

Schwendener hat in seiner Schrift über die Algentypen der Flechtengonidien gezeigt, daß in den Flechtengattungen Peltigera oder Collema Nostokazeen eingeschlossen sind, in der Gattung Ephebe Siroſiphoneen, in Thamnidium Rivularieen, in Omphalaria Chroolokkazeen. Die Flechtengattungen Graphis, Roccella, Verrucaria sind auch mit Askomyzeten und Chroolepideen zusammengesetzt. Die meisten Strauch- und Laubflechten enthalten einzellige Grünalgen. So ist z. B. die rätselhafte Urkugel, welche grüne Anflüge an der Wetterseite alter Baumstämme bildet und die man Cystococcus humicola nennt, der Algenbestandteil in den Flechten Cladonia, Evernia, Usnea, Bryopogon, Physcia, Anaptychia usf. Sie ist es, die auch Schwärmsporen bildet, wenn man ihre Ehe mit dem Pilze auflöst.

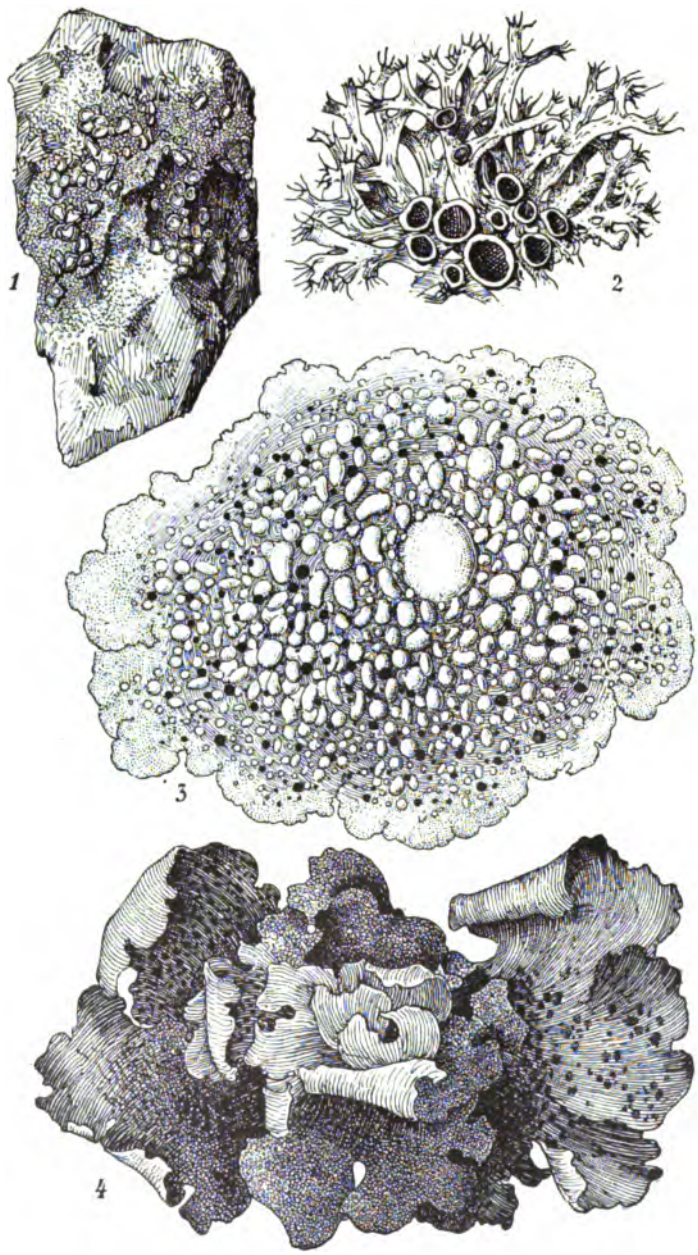
Thallus einer Schildflechte (Peltigera). (Nach einer Aufnahme von H. Dopfer.)

Schwieriger ist es, die Pilzarten festzustellen, die bei den Flechten in Betracht kommen. Zukal, ein ausgezeichneter österreichischer Flechtenforscher, verficht die Ansicht, daß jede Flechtenart einer besonderen Pilzart entspreche, doch hat man sich darüber noch nicht geeinigt. Soviel ist aus den Fortpflanzungserscheinungen sicher erschlossen, daß als Flechtenbildner Askomyzeten, auch Pyrenomyzeten, bei gewissen, namentlich tropischen Flechten, als deren Beispiel man sich Cora merken kann, auch Hymenomyzeten in Betracht kommen. Es ist ja noch nicht gelungen, aus beliebigen Pilzen und Algen Flechten zusammenzusetzen, sondern man mußte dazu stets Flechtensporen verwenden. Dagegen hat Möller neuerdings (1887) aus Sporen von Krustenflechten in Nährlösungen algenlose Flechtenlager erzogen, aus denen sich aber auch kein sicherer Rückschluß auf bestimmte Pilze ziehen ließ, da sie einfach den normalen Bau der betreffenden Flechtenart zeigten.

Man hat sich also begnügt, im allgemeinen die Gruppen der Askolichenen, Pyrenolichenen, Diskolichenen und Hymenolichenen aufzustellen und damit das anzudeuten, was man über die Natur der Flechtenpilze weiß.

Die zwei Elemente sind natürlich nicht immer gleich gemischt. Je nachdem sie gleichmäßig gemengt oder geschichtet sind, unterscheidet man homöomerische oder heteromere Flechten (Bild S. 454). Die Möllerschen Versuche schienen darauf hinzuweisen, daß das eigentlich formbildende Element hierbei der Pilz sei, aber schon, wenn man die Art der äußeren Gliederung und des Wachstums dieser Pflänzchen be-

trachtet, bemerkt man, daß den Gonidien doch ihre gewisse Rolle auch hierbei zukommt. Bei Ephebe z. B. wachsen die Äste, indem eine Gonidie am Scheitel sich nach Art eines Vegetationspunktes teilt. Hier bestimmt also jedenfalls die Alge den Wuchs des Ganzen, wenn auch in den meisten Fällen der Pilz die Form des Hauswesens bewirkt. Neuere Flechtenforscher, wie Nilson Birger, betonen immer mehr, daß man die Einwirkung der Algen auf die Gestalt der Flechten schon deshalb nicht geringschätzen möge, da das Wachstum der Flechten in der Feuchtigkeit in erster Hinsicht davon herrührt, daß das Wasser der Alge zuträglich ist.

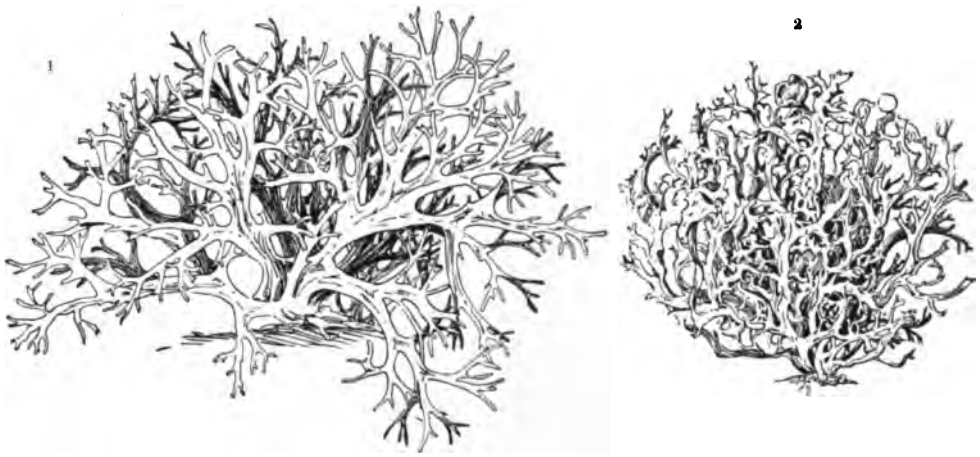


Häufige Flechtenarten.
1 = Zeora sordida. 2 = Anaptychia ciliaris. 3 = Umbilicaria pustulata. 4 = Gyrophora cylindrica. (Nach der Natur gezeichnet von R. Oeffinger.)

Es stimmt jedenfalls recht nachdenklich, wieso denn ein Pilz zu „flechtenartiger" Gestaltung sich zwingen lasse, die ihm, wie es scheint, keinerlei besonderen Nutzen bereitet, wohl aber der mit ihr vergesellschafteten Alge! Es ist sehr lohnend, den Thallus der Flechten einmal von diesem teleologisch-biologischen Gesichtspunkt aus zu betrachten. Soweit ich es bisher getan habe, und nach den Ergebnissen einer recht mühsamen Arbeit über den Gegenstand, die ich unternommen habe, um den heuristischen Wert meiner pflanzenpsychologischen Hypothese an einem konkreten Beispiel zu prüfen und dem öfters geäußerten

Einwand zu begegnen, daß dieſe Betrachtungsart zu keiner tieferen Einſicht in das Weſen des Pflanzenlebens führe, — inſofern ich von dieſer Arbeit Poſitives berichten kann, muß ich es bejahen, daß ſich die Geſtaltung der Flechten nach den Aſſimilations- bezw. Lichtbedürfniſſen der Algen in hervorragendem Maße richtet.

Dies erkennt man daraus, daß faſt alle Flechten nach Vergrößerung der Oberfläche trachten. Sie bilden Kruſten, ſie wachſen in dünnen Flächen, die man gerade deshalb Laub nennt, weil ſie phyſiologiſch den Aſſimilationsorganen blattgrüner Pflanzen entſprechen. Schlagen ſie nicht den Weg zu dieſer biologiſchen Formenbildung ein, ſo zerſchlitzen und veräſteln ſie den Thallus oder geſtalten ihn fadenförmig wie die Algen, wobei ich an Evernia, Cladonia, Thamnolia, Ephebe und Usnea zu denken, bezw. deren Bilder zu betrachten bitte. Die innere Urſache der Strauchbildung von Blütepflanzen und Flechten muß dieſelbe ſein, denn die Analogie der Formbildung iſt eine vollkommene.



Die häufigſten Flechten.
1 = Evernia prunastri. 2 = Ramalina calicaris. (Nach der Natur gezeichnet von R. Oeffinger.)

Die vorgebrachten Gründe werden verſtärkt durch die Tatſache, daß die meiſten Flechten ebenſo freudig die hellſten Standorte wählen, wie ſie geradezu entarten an fauligen und zu dunklen Orten.* Es gibt zwar lichtſcheue Flechten; eine ſolche iſt z. B. die Gallertflechte Collema, deren Lichtgenuß H. Zukal in ſeinen morphologiſchen und biologiſchen Unterſuchungen über die Flechten in der Steinwandklamm bei Wien nur auf $^1/_{150}$ des Geſamtlichtes ſchätzte; Schattenflechten ſind auch Graphis, Lecanora, Pyrenula, Pertusaria communis uſw. Die große Maſſe unſerer Flechten umfaßt aber nach Wiesners neuen Studien über den Lichtgenuß der Pflanzen ausgeſprochene Lichtpflanzen, die am beſten bei $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ der Lichtſtärke gedeihen und oft (wie die Renntierflechte, isländiſches Moos, die meiſten Parmelien und Gyrophora-Arten, Xantoria parietina, Verrucaria) das Licht bis zu ſeiner vollen Stärke vertragen.

Zukal hat ferner bereits Lichtſchutzeinrichtungen gefunden. Die Rinde vieler tropiſcher Lichtflechten, die natürlich durch die Pilzelemente gebildet wird, verdickt und

* Iſidien-, Variolarien-, Leprabildung!

verdünnt sich je nach Bedürfnis; nach G. Bitter wechselt auch die Form und Farbe der Parmelien je nach der Beleuchtung, was ich an Peltigera canina bestätigen kann.

Und um der Beweise Maß vollzumachen, veröffentlicht neuerdings Prof. B. Němec Untersuchungen in dem Bulletin der böhmischen Akademie der Wissenschaften (1906), wonach das Lager von Peltigera aphthosa auch Orientierungsbewegungen ausführt. Beleuchtet man die erdwendige Seite ihres Lagers, so krümmt sich diese so lange, bis die gonidienführende Dorsalseite wieder ans Licht kommt, was sich auch der genannte Forscher nur vom „teleologischen Standpunkte" aus erklären kann, nämlich als vorteilhafte Reizbewegung.

Bartflechten (Usnea barbata) an einer Tanne. (Originalaufnahme von H. Dopfer.)

Man erhält hier einen wenn auch geringen Einblick in das Innenleben dieser rätselhaften Pflanzen, wozu sonst alle Fenster versperrt sind. Es ist nämlich höchst mißlich, mit Flechten zu experimentieren, da sie so langsam wachsen und schwer zu kultivieren sind.

Kehren wir nun zu unserem Ausgangspunkt zurück, so muß man nach diesen Erfahrungen eine, wenn man so sagen darf, besondere „Umstimmung" der Pilze durch ihr Algengespons annehmen, die bei dem heutigen Stand der Kenntnisse nicht zu erklären ist. Und das ist das eigentliche Flechtenproblem! Pilz und Alge sind als Flechte eine Einheit höherer Ordnung, deren Lebenstätigkeit nicht die Sonderinteressen der Firmenteilhaber, sondern der Gesamtfirma wahrt! Daß so etwas im Pflanzenreich möglich ist, ist zweifellos ein kräftiger, ja unumstößlicher Beweis, daß in der Pflanze mehr als ein nur reflektorisches Innenleben waltet.

Die Anpassungen des Pilz-Algenkonsortiums sind stets so gerichtet, daß sie dem Gesamtinteresse der Gemeinschaft, nicht aber dem Pilz oder der Alge allein dienen. Dieser Satz läßt sich durch das infolge der Flechtentheorie mächtig geförderte Studium der anatomischen Verhältnisse beweisen. Viele, ja die meisten Flechten besitzen ein besonderes Hautgewebe. Das Bedürfnis eines solchen ist durch die großen Temperatur- und Feuchtigkeitsunterschiede gegeben, denen eine Flechte im Sommer und Winter ausgesetzt ist. Für dieses Bedürfnis sorgt der Pilz, indem er die Gonidien an der Außenseite des Lagers mit einem Hyphenfilz umspinnt, der, manchmal schon bei den Schüsselflechten angedeutet, bei den Mallotiumflechten einer regelrechten Epidermis, wie sie der Pflanzenanatom von Laub-

Berühmte Flechtenforscher.

Dr. A. Zahlbruckner

Dr. Ernst Stizenberger — Prof. G. Bonnier

KOSMOS
GESELLSCHAFT
DER NATURFREUNDE
STUTTGART

UNIV. OF MICH.

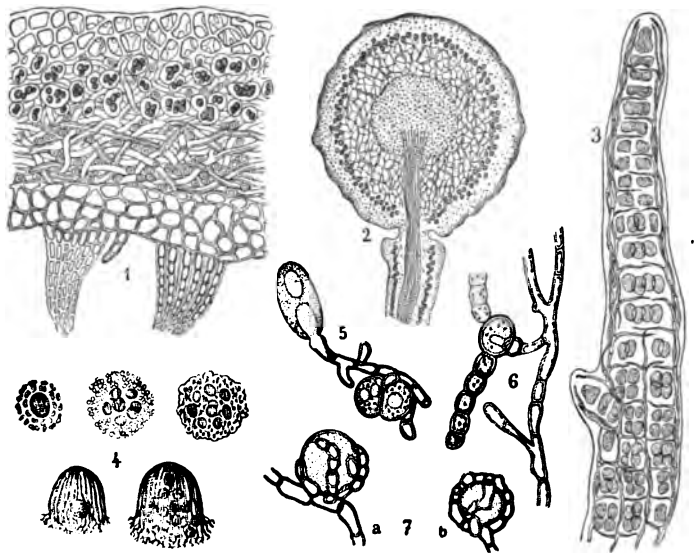
blättern kennt, zum Verwechseln ähnlich sieht. Als besonders lehrreiche Anpassung des Baues möchte ich auch den Markstrang der Bartflechte (Usnea) vorführen, der von den Pilzfäden korrekt nach den Prinzipien der Zugfestigkeit erbaut wird (Bild S. 454) und demgemäß, wie Haberlandt in seiner physiologischen Pflanzenanatomie auf Grund seiner Versuche angibt, es gestattet, die Zweige von Usnea in frischem Zustande um mehr als das Doppelte zu dehnen. Der genannte Forscher vergleicht den Markstrang in bezug auf seine Festigkeit und Elastizität sogar geradezu mit Kautschuk. Daß dieser Bau aber eine besondere Anpassung sei, geht daraus hervor, daß die Fruchtträger der Flechten (die der Fachmann Podetien nennt) wieder ihren Sonderbedürfnissen angepaßt, nämlich biegungsfest gebaut sind.

Eine dritte Anpassung, die für die Bedeutung der Flechten im Naturhaushalt sogar sehr wichtig ist, bezeichnet man in der Lichenologensprache als Rhizinen (s. Bild auf S. 442). Man versteht darunter die Haftfäden, durch die sich der Thallus an die Unterlage anklammert. Diese Rhizinen dringen oft ziemlich tief in Felsen ein und bewirken auch eine gewisse chemische Zersetzung, was freilich von manchem Forscher in Zweifel gezogen wird. Für die momentan zu verfolgende Gedankenkette ist dies gleichgültig, dagegen wichtig, daß die Rhizinen, weil nur auf der Unterseite vorhanden, den Interessen des Ganzen und nicht des Pilzes allein dienen. Auch die feinere Anatomie verrät Gegenseitigkeitsbeziehungen. Gerade sie drängte den Beobachtern immer wieder die Vermutung auf, daß Alge und Pilz etwas miteinander austauschen. Wenn man eine der häufigeren Krustenflechten in einem Schnitte daraufhin untersucht, was ich zum Verständnis der Sachlage sehr anrate, ist man erstaunt zu sehen, wie innig sich z. B. bei Physcia oder Cladonia die Pilzfäden durch kurze Fortsätze den Algenkugeln anschmiegen. Bei manchen Flechten, z. B. bei Physma chalazanum und Arnoldia, dringt der Pilz mittels Haustorien sogar in die Algenzellen ein (s. das Bild). Hierauf gründete sich eben Schwendeners Ansicht, daß die Alge in der Flechtenehe der leidende und ausgenützte Teil sei. N. Birger, der neuerdings neben G. Lindau auf den inzwischen verlassenen Schwendenerschen Standpunkt zurückkehrt, macht zugunsten dieser Ansicht ferner geltend, daß die Algen durch die Pilzfäden oft zu ebensolchen Anschwellungen veranlaßt werden, wie die Gewebe höherer Gewächse, die sich gegen Parasiten wehren. Er führt an, daß es außerhalb der Gonidienschicht im Flechtenthallus oft abgestorbene Algen gibt, die von dem Pilz verzehrt werden. Er weist darauf hin, daß das Wasser und die Fette, Kohlehydrate und mineralischen Stoffe, die den Algen angeblich durch den Pilz zugeführt werden sollen, ihnen auch ohne diesen zugänglich sind, da Cystococcus, Trentepohlia und andere Algen, die dabei in Betracht kommen, auch für sich an Bäumen und Felsen ganz gut leben.

Es ist bei solchen Widersprüchen wirklich außerordentlich schwer, Stellung zu nehmen, da es doch anderseits wieder ganz unerhört ist, daß ein Schmarotzer, wie wir vorhin gesehen haben, sein Opfer schützt und dessen Lichtbedürfnissen zuliebe Reizbewegungen ausführt. Wenn man nun, um weitere Anhaltspunkte zu gewinnen, seine Aufmerksamkeit den Fortpflanzungsverhältnissen der Flechten zuwendet, sieht man folgendes:

Flechtenpilz und Alge vermehren sich teils getrennt, teils gemeinsam. Der Pilz entwickelt die sogen. Spermogonien mit Spermatien, deren Bedeutung sich die

Flechtenforscher vor Schwendeners Theorie natürlich nicht erklären konnten. Durch einen rudimentären Geschlechtsakt erzeugt der Pilz aber auch Schlauchfrüchte, die man in der Fachsprache der Flechtenkunde Apothezien nennt. Die reizenden Schüsselchen, die auch dem Laien sofort auffallen, wenn er z. B. die gemeine Schüsselflechte betrachtet, enthüllen ihm ihre Fruchtkörpernatur, wenn er einen Längsschnitt durch sie im Kleinseher betrachtet (Bild S. 448). Zwischen unfruchtbaren Fäden liegen da Sporenschläuche, erfüllt von den wohlbekannten Pilzsporen. Die Fruchtkörper der Bartflechte sind jene gewimperten Schildchen, die das Fadengewirr dieses Pflänzchens so anmutig schmücken.



Bau und Fortpflanzung der Flechten.
1 = Querschnitt durch das Lager der Lungenflechte (Sticta fuliginosa) mit Rhizinen, Haut- und Markschicht. 2 = Querschnitt durch den Thallusstamm der Bartflechte (Usnea), um Mark- und Rindenschicht zu zeigen. 3 = Ein Zweig des Lagers von Ephebe pubescens, als Beispiel der lockersten Symbiose. 4 = Soredienbildung von Usnea barbata. 5—7 = Beispiele für das Zusammenleben von Algen und Pilzfäden. 5 = Keimende Spore von Physcia parietina, deren Pilzfaden eine Protococcus-Alge umspinnt. 6 = Zellfaden von Physma in einen Nostoc-Faden eindringend. 7 = Aus dem Thallus von Cladonia. Gonidien von Hyphen umsponnen. Stark vergrößert. (Nach Sachs.)

Apothezien sind auch die braunen oder roten Zündhölzchenköpfe auf den zierlichen Trichtern und Trägern der Cladonia-Flechten, die ich besonders auf Fig. 4—6 und 8—10 unserer Kunstformentafel sich anzusehen bitte. Bei den Hymenolichenen liegt die Sache wieder anders, so wie auch bei den Disko- und Pyrenolichenen entsprechende Unterschiede im Bau der Fruchtkörper vorhanden sind. Die Hymenolichenen Brasiliens schnüren Sporen an Zellen ab, genau so wie irgendein Blätterschwamm.

Aus diesen Fruchtkörpern entleeren sich die Sporen bei eintretender Durchfeuchtung, also bei Regen. Sie treiben dann einen feinen Faden, der verästelt auf seiner Unterlage wächst. Anders bei Pertusaria und der Lackmusflechte Ochrolechia, die etwa hundert Keimschläuche aus einer Spore entsendet.

Die keimenden Sporen müssen also aktiv ihr Algengespons aufsuchen und sich mit ihm zur neuen Flechte vermählen.

Die Gonidien haben dagegen diese Freiheit verloren; sie vermehren sich zwar eifrig durch Teilung, bewerben sich aber in keiner Weise darum, einen Flechtenhaushalt gründen zu können. Es wäre doch recht gezwungen, es als Aktivität zu deuten, daß sie an der Brutknospenbildung teilnehmen, als die man die sogen. Soredienerzeugung bezeichnen kann.

Jede Flechte bildet massenhaft Soredien. Die Schuldefinition der Soredien lautet, daß es einzelne Gonidien oder Gruppen von Gonidien seien, die, von Pilzfäden um-

sponnen, sich vom Flechtenlager absondern und zu neuen Flechtenlagern auswachsen. (vgl. das Bild auf S. 454). Gewöhnlich bilden sie sich im Lager dicht unter der Rinde und werden dann erst durch deren Zerreißung frei. Manchmal erscheinen sie oberflächlich, ganz ähnlich den Früchten. (Man nennt dann die Durchbruchstelle Sorale.) Wenn aber die Fruchtbildung dadurch eingeleitet wird, daß ein Pilzfaden sich über das Lager vorstreckt und mit den Spermatien kopuliert, so sind die Soredien ganz ungeschlechtlich, aber für die Fortpflanzung so sehr geeignet, daß merkwürdigerweise viele Flechten, so namentlich Kladonien, ihre Früchte rückbilden, nicht mehr keimfähige Sporen hervorbringen und sich nur noch durch Soredien erhalten.

So kommt es, daß sich von jeder Flechte ein grünliches Pulver abstäubt, das sich manchmal zu dicken Polstern anhäuft, und aus dem unter günstigen Bedingungen wieder Flechten auswachsen. Die schwefelartigen Pulver, mit denen man oft Baumstämme und Felsen überstreut sieht, sind solche Soredien, neben denen die Flechtenforscher aber auch allerlei andere rätselhafte, angeblich „fehlgeschlagene" Flechtenbildungen unterscheiden. Sie nennen einen solchen Pilzalgenpuder, der zwischen Moosen überall zu finden ist, Pulveraria, einen anderen an Rinden und Felsen vegetierenden Flechtenstaub Lepra. In Isidien zerfällt der Flechtenthallus, wenn er steril bleibt; zur Variolaria-Form entartet er im Schatten usf. Im allgemeinen sind Schatten und übermäßige Nässe die auslösenden Faktoren, welche die normale Bildung der Flechte auf derartige Abwege drängen, über deren wahrer Natur noch mancher Schleier ruht.

Wenn J. Reinke, der nicht nur das Christentum in möglichste Übereinstimmung mit der Naturforschung zu bringen bestrebt ist, sondern auch als erfolgreicher und scharfsinniger Botaniker wirkt, die Ansicht vertritt, daß die Soredienbildung als Zwitterding doch erst von dem Konsortium von Pilz und Alge erworben sein kann, daher ein trefflicher Beweis sei für die Tatsache, daß in der organischen Natur eine Entwicklung stattfinde, so wird man ihm wohl nicht viel entgegenhalten können. Wenn aber der Petersburger Botaniker A. Famincyn von da aus einen Schritt weitergeht und meint, nicht nur die Flechten seien morphologische Einheiten und doch eine Zweiheit, sondern möglicherweise alle grünen Pflanzen, so daß eigentlich zwischen den Flechten und den anderen grünen Pflanzen doch nicht der wesentliche, sonst allgemein angenommene Unterschied bestehe, wird er wohl sehr wenig Nachfolger, dagegen um so mehr erbitterten Widerspruch finden.

Man kann wohl in dieser Sache noch keine Stellung nehmen. Sie ist ganz sicher noch nicht spruchreif. Prof. Famincyn behauptet es auch nicht als Tatsache, sondern schlägt vor, die Sache zu untersuchen, weil sie von größter Tragweite sei. Darin hat er auch völlig recht. Man sieht zwar, wenn man diesen Gedanken weiterspinnt, nicht die Möglichkeit vor sich, die Lebenserscheinungen der höheren Pflanze etwa auf das Zusammenwirken eines reizbaren tierhaften Wesens und eines nicht reizbaren, echt pflanzenhaften Teiles zurückzuführen; denn auch gesetzt den Fall, alle Pflanzen (mit Ausnahme der Pilze) seien flechtenartiger Natur, so wäre damit nur die Pilzkunde auf die ganze Botanik ausgedehnt, und diese brauchte keineswegs ihren Rahmen zu sprengen. Immerhin wären dann die kurioseſten Aussichten gegeben, und für manches uns im Leben der Pflanze Unerklärliche Wege zu neuen Einsichten eröffnet. Nur hat es bis dahin noch gute Weile. Vorläufig kann sich Famincyn nur auf folgende, allerdings interessante Anzeichen stützen:

Die Orchideen bedürfen ziemlich allgemein eines in ihnen lebenden Pilzes, um ihren Entwicklungskreis ziehen zu können. Man hat ferner wiederholt bei verschiedenen Pflanzen, bei Hyazinthen, einem Seidelbast und der bekannten Torenia asiatica in der Eizelle und dem Embryosack Chromatophoren gefunden. Es ist bekannt, daß die Chlorophyllkörner in den Pflanzenzellen ein selbständiges Leben führen, sich durch Teilung vermehren und für sich Reizbewegungen ausführen. Reinke hat ferner beobachtet, daß Chlorophyllkörner einer Kürbisfrucht auch nach dem Absterben ihres Zellverbandes weiterlebten und sich sogar noch vermehrten. Hält man sich ebenfalls noch vor Augen, daß die uns bereits bekannten Chlorellen (vgl. S. 233) bei ihrem Zusammenleben mit tierischen Zellen auch die Form von Chlorophyllkörnern so vollkommen annehmen, daß man sie darob ja lange Zeit für echtes, jedoch tierisches Blattgrün hielt, daß sie, wie man namentlich an dem grünen Armpolypen Hydra beobachtete, erblich von Generation übergehen, bedenkt man schließlich, daß die Flechtengonidien, deren Algennatur heute außer Zweifel ist, vor 1860 und noch lange danach für echte Chlorophyllkörner gehalten wurden, so muß man sich sagen, daß es wirklich keine theoretische Unmöglichkeit sei, in dem Blattgrün der Blütenpflanzen auch symbiotische Grünalgen zu vermuten.

Wie man sich ein solches Zusammenleben denken kann, dafür bietet Eriksons Mykoplasmatheorie eine gewisse Handhabe. Denn wenn wirklich ein Rostpilz sich so innig mit dem Plasma einer Blütepflanze vermählen kann, daß er darin zeitweise völlig aufgeht, so bereitet es dem Denken keine Schwierigkeiten, es sich vorzustellen, daß eine mykoplasmatische Symbiose in anderen Fällen zur zeitlebens bestehenden Einrichtung geworden sei, wofür wieder die eingangs erwähnten Orchideenpilze Anhaltspunkte bieten.

Um Mißverständnissen vorzubeugen, will ich jedoch ausdrücklich erklären, daß meiner Meinung nach bis jetzt nur Anzeichen dafür da sind, um versuchsweise auf diese Gedanken hin Experimente anzustellen. Erwähnt habe ich sie hauptsächlich deshalb, weil sie ein treffliches Beispiel sind, um zu zeigen, wie in der Wissenschaft Hypothesen entstehen und wozu sie dienen. Keinem anderen Zweck, als um Untersuchungen anzuregen. Sie sind der Hebel des Fortschrittes, und darum darf man nicht gegen sie eifern, wie es Unverstand oder Arglist zu gern tut. Manche falsche Hypothese war unserem Wissen nützlicher, als eine unumstößliche, aber nichtssagende Wahrheit. Wer nach Beispielen verlangt, überlege sich das Schicksal und den Nutzen der Selektionshypothese oder der Aufstellung der Atome. . . .

Famincyn hat naturgemäß bei solcher Denkungsart nicht umhinkönnen, bezüglich der Natur der Flechten gerade das Gegenteil der herrschenden Ansicht zu behaupten. Er spricht den Flechten das Recht zu, als besondere Klasse von Lebewesen zu gelten, was ihnen Schwendener aberkannte. Er überbrückt die Kluft zwischen den Flechten und übrigen Blattgrünpflanzen, wenn er das Lichen als einen gewissermaßen noch mangelhaft gelungenen, daher seinen Ursprung verratenden Versuch zur höheren Pflanzenbildung hinstellt. Und praktisch sind wir ihm in diesem Werke ja eigentlich gefolgt, indem wir die Flechten nicht aus dem System gestrichen haben, wie es in manchem angesehenen Werke (z. B. in der Darstellung des Pflanzenreiches von Schumann-Gilg) wirklich durchgeführt wurde. Abgehalten haben uns davon verschiedene Bedenken, die mitzuteilen hier nun der Platz ist.

Zugegeben, daß die Flechtentheorie recht hat, so ist doch das Pilz-Algen-Konsortium zu solcher morphologischer und biologischer Selbständigkeit gelangt, daß man der biologischen Denkungsart ziemlich bar sein müßte, wollte man die Flechtenreihe auseinanderreißen und bei den verschiedenen Pilzgruppen, bezw. um logisch zu sein, auch Algengruppen einteilen. Läßt man sie aber einmal, und sei es auch nur aus darstellungstechnischen Gründen, beisammen, so ist es wahrlich nur Formsache, ob man das, was über Flechten zu sagen ist, inner- oder außerhalb des Pilzkapitels unterbringt. Dazu kommt noch, daß — wenigstens meinem Gefühle nach — über das Wesen des Lichenismus noch durchaus nicht das letzte Wort gesprochen ist. Es gibt also Gründe genug, um, wenn auch nur provisorisch, den Flechten noch immer ihr Plätzchen zu gönnen im System und auch ihr altes System zu benützen, das man ohnedies im Sinne der neueren Erkenntnisse reformiert hat. Th. Fries z. B. unterschied noch 1871 in seiner schwedischen Lichenographie ganz willkürlich sechs Klassen der Archilichenen, Sklerolichenen, Phykolichenen, Gläolichenen, Nematolichenen, Byssolichenen. Von diesen hat man auch im neuen, nach dem Natürlichen strebenden System einige festgehalten. Als Einteilungsprinzip wählte man hierbei die Stellung des Pilzkomponenten im Pilzsystem und unterscheidet danach Askolichenen von Basidiolichenen. Innerhalb der ersten dann Diskolichenen von Pyrenolichenen. Dann greift man freilich ganz unlogischerweise von den Organisationsmerkmalen, wie sie im Bau der Fortpflanzungsorgane gegeben sind, zu biologischen Anpassungsmerkmalen und unterscheidet innerhalb der Ordnungen: Strauch-, Laub-, Krusten-, Gallert- und Fadenflechten, läßt sich dann wieder vom „systematischen Gefühl" tragen, das die Familien der Kladoniazeen, Parmeliazeen, Ramalinazeen, Lekanorazeen, Lezideazeen, Kollemazeen, Pyrenulazeen usf. zu sondern heißt.

Dieses System ist also ein durchaus willkürliches, allerdings mit viel natürlichem Einschlag. Es dient seinen praktischen Zwecken nicht weniger vortrefflich wie das Linnésche seinerzeit und kann daher noch jetzt beibehalten werden, wenn man sich nur stets gegenwärtig hält, daß es der wahren und höchsten Aufgabe des Systems: ein Spiegelbild der natürlichen Entfaltung einer Pflanzenreihe zu sein, in keiner Weise entspricht!

Ein solches natürliches System der Flechten herzustellen, wäre eigentlich leichter, als in irgendeiner anderen Pflanzengruppe. Doch würde es praktischen Zwecken kaum dienstbar gemacht werden können, da es sich ergeben hat, daß oft derselbe Pilz andere Flechtenformen herstellt, je nachdem er sich bald mit dieser, bald mit jener Alge vergesellschaftet. Auch ereignet es sich bisweilen, nach den neueren Untersuchungen von A. Minks sogar ziemlich häufig, daß auch Flechte mit Flechte eine Symbiose eingeht, bei der allerdings oft der eine Teil zugrunde geht. Minks nennt diese Erscheinung Protrophie und scheint, soweit sich aus seiner sehr schwer lesbaren, weil mit einer besonderen Fachsprache belasteten Schrift entnehmen läßt, darunter zu verstehen, daß eine jüngere Flechte auf der älteren als Wohngast lebt. Früher hielt man das für Zufall, nach Minks gehört es jedoch zum Wesen des Flechtenlebens. Auffällig ist immerhin, daß dadurch die überfallene Flechte meist verödet. So wächst z. B. Biatora intumescens fleckenartig innerhalb der Kruste von Lecanora sordida, über die sie sich todbringend ausbreitet. Es kommt auch vor, daß dieselbe Gattung aufeinander haust.

Solches macht der genannte Forscher von Buellia bekannt. Man stelle sich nun vor, welchen Schwierigkeiten es unter solchen Umständen begegnet, eine Flechte kunstgerecht zu bestimmen.

Da mag es denn auch nicht wundernehmen, wenn man sich derzeit kaum ein Bild von der stammesgeschichtlichen Entwicklung der ganzen Gruppe machen kann. Neuerdings hat sich Reinke daran versucht und die Ansicht verfochten, daß gewisse Scheibenpilze (Patellariazeen), die fädig an abgestorbenen Pflanzenstengeln kriechen, schon in sehr alter Zeit, vielleicht in der Kreideperiode, mit freilebenden Algenzellen in Verbindung traten und zuerst eine rindenlose Krustenflechte bildeten. Von da ab setzte dann nach ihm für die Flechten eine eigene Stammesgeschichte ein, die sie zu Laub- und endlich zu Strauchflechten entwickelte, wobei immer wieder andere Pilze die Begründer neuer Ahnenreihen wurden.

Das klingt ganz annehmbar und bedeutet für das wirklich natürliche System der Flechten wohl die Grundsteinlegung.

Haben wir nun bisher die wissenschaftliche Bedeutung des Lichens so plastisch umrissen, wie es uns möglich war, so müssen wir jetzt den Blick auf eine anderweitige Wichtigkeit der Flechten richten und zwar auf ihre große Bedeutung als Florenelement weitester Landstriche und für den Haushalt der Natur.

Es gibt keine andere Pflanzengruppe, die so bedürfnislos ist, wie die Flechten; das habe ich bereits hervorgehoben. Sie ertragen Trockenheit, Hitze und Kälte. Wenn sie auch in den Tropen sehr stark zurücktreten, so daß z. B. nach neueren Untersuchungen von Zahlbruckner auf Samoa nur 108 Rinden bewohnende, 13 Blätter bewohnende, dagegen nur 4 Felsen bewohnende Flechtenarten vorkommen, so sind sie auch dort wichtig, und als Epiphyllen, als Mietgäste auf Blättern im tropischen Regenwalde, sollen sie nach Schimper sogar eine ganz gewöhnliche Erscheinung der heißen Himmelsstriche sein. Als anderes Extrem hierzu stellen sie aber auch die letzte Vegetation an den Polen und im Hochgebirge dar. Mit den lieblichen Soldanellen teilen sie die Fähigkeit, munter in unmittelbarer Nähe des schmelzenden Eises zu sprießen. Am üppigsten gedeihen sie in unserem Lande zu Beginn der Schneeschmelze, da reichlich Feuchtigkeit Felsboden und Baumrinden, ihren Lieblingsaufenthalt, durchtränkt.

So ist es denn von vornherein wahrscheinlich, daß die weiten Landstriche der Polarländer, wo lange Monate hindurch das Klima unseres Februars und der ersten Märztage herrscht, den Flechten ein Dorado bieten müssen. Dort sind sie denn auch länderweit die Alleinherrscher. Die alpinen Fjelde Skandinaviens, die endlosen Gebiete des arktischen Amerika, ein Teil von Nordsibirien, der südliche Teil von Grönland, in Europa die Lappmark und das Samojedenland — sie sind mit wahrhaften Flechtenheiden bedeckt. Jenes Land, von dessen Sommer einer seiner besten Kenner (Kihlman) schreibt: „Dichter, bisweilen wochenlang anhaltender Nebel, der alles durchnäßt und zeitweise von feinem Staubregen kaum zu unterscheiden ist, ist für die Sommermonate der Küstengegenden von Russisch-Lappland geradezu charakteristisch“, dieses unwirtliche Gefild kann eigentlich nur mehr von Flechten und Moosen besiedelt werden. Dort breitet sich eine der merkwürdigsten Pflanzenformationen, die Tundra, die man Moostundra nennt, wenn sie auf nassem Boden Milliarden grüner Moose hervorbringt, dagegen Flechtentundra, bedeckt mit Erdlichenen, wenn anstehendes Gestein der

Oberfläche naheliegt und die Erde daher leichter abtrocknet. Mooſe brauchen eben noch mehr Feuchtigkeit; Flechten begnügen ſich mit dem allerkärglichſten Boden, und es ſchadet ihnen nichts, wenn er ſich, wie es dort vorkommt, in der Sonne auch ab und zu bedeutend erhitzt.

Die ruſſiſchen Reiſenden Middendorf und Baer haben uns höchſt anſchauliche Bilder dieſer traurig-verlaſſenen Landſchaften entworfen, die in ihrer Einfachheit poetiſch und tief wirken. Griſebach, der Klaſſiker der Pflanzengeographie, ſagt in ſeinem Werke über die Vegetation der Erde darüber: „Da dieſe Tundren nur zu einer ganz geringen Tiefe auftauen, iſt es erklärlich, daß man auf ihnen in jeder Richtung, ſelbſt am Schluß der warmen Jahreszeit, ſich mit Leichtigkeit im Renntierſchlitten bewegt,

Arktiſche Flechtentundra. (Nach Schimper.)

der über die Lichenen und Mooſe dahingleitet und durch den niedrigen Wuchs der Sträucher und Stauden, die ſie ſpärlich begleiten, nur wenig gehemmt wird. Auch ‚das weichſte Moos' bildet hier nie einen ſchwankend trügeriſchen Boden, weil das Grundeis ſo dicht unter der Oberfläche liegt und mit der Erdkrume zu einer ſteinharten Maſſe verbunden iſt. Nach den Unebenheiten des Bodens, ſo geringfügig ſie ſein mögen, ſcheiden ſich die naſſen und trockenen Tundren oft ſchon auf engbegrenzten Räumlichkeiten. So fand Baer auf der Halbinſel Kola, daß die Lichenentundra zuweilen von Streifen der Moostundra wie von Adern durchzogen wurde, denn überall, bemerkt er, wo das Schneewaſſer abfließt und den Boden einreißt oder durchweicht, wechſeln mit dem dürren Boden der Lichenen die ſchwankenden Mooslager, wo man außer einigen Seggen und der Moltebeere (Rubus chamaemorus) wenig andere Pflanzen erblickt. Die amerikaniſche Lichenentundra enthält an Nebenbeſtandteilen die Zwergſträucher.

Die herrſchenden Arten dieſer Erdlichenen gehören zu den drei Gattungen Cetraria, Cladonia und Evernia. Nach ihrer mannigfachen, aber matten Färbung, ihrem aufrechten, oft reichlich verzweigten Wachstum, ihrer Größe, die 1—2 Zoll zu erreichen pflegt, iſt ihr Geſamtbild mit keiner anderen Pflanzenform zu vergleichen. Die häufig-

sten Farben sind Braun bis ins Schwarze, Grau oder Gelblichweiß, der Boden zeigt diese Färbungen schon aus der Ferne. Nach der Art der Verzweigungen sind mehrere Bildungen zu unterscheiden, die den physiognomischen Charakter ihrer Standorte bestimmen: die Form der Renntierflechten, aus vielfach verästelten, starken Fäden gebildet, die an ihren sparrigen Enden sich verschlingen; die der Kladonien, einfacher und derber gebaut, und die der isländischen Flechten, die in blattartig erweiterte, am Rande der Fläche leicht gekräuselte Zweige auslaufen."

Soweit Grisebach. Einschieben möchte ich hier, daß die neue Pflanzengeographie je nach den Leitformen mehrere Abarten der Flechtenheide unterscheidet. Es wird demgemäß von einer Cladina-Heide (Cladonia) und Platysma-Heide, sowie von einer Alectoria-Heide gesprochen.

Eine so mächtige Pflanzengesellschaft, die z. B. auf den lappländischen Heiden riesige Flächen einnimmt, welche aber von der amerikanischen Arktis und dem südlichen Grönland noch übertroffen werden, muß natürlich das Gesamtleben ihrer Heimat auf das Nachhaltigste beeinflussen. Grisebach sagt darüber:

Die Lichenentundra ist für das Tierleben verhältnismäßig weit günstiger als die der Moose. Die Lichenen selbst schon gewähren ihm Nährstoffe, was bei den Moosen nicht der Fall ist. Das arktische Amerika wird auch im Winter von Renntierherden und sogar von dem Bisamstier bewohnt, der daselbst ausharrt, ohne die Wälder zu betreten. Ungeachtet seines großen Nahrungsbedürfnisses hat er an den unter dem Schnee verborgenen Überbleibseln der Vegetation sein Genügen. Die beerentragenden Zwergsträucher der Tundra, die Vakzinien und Empetrum, die hier im Überfluß zwischen den Erdlichenen wachsen, bieten ihre Früchte im Herbste dem Bären und den vorüberziehenden Polargänsen.

Es ist also gar nicht einmal ein unfreundliches Bild, das uns die Polarforscher malen von einem Land, das ein Ort vollkommener Wüstenei und grausigster Schrecken wäre, wenn nicht die kleine, zarte Flechte so mutig den Unbilden eines Klimas widerstände, das am ehesten an das von Europa zur Eiszeit erinnnert.

Warming hat wohl recht, wenn er bemerkt, daß die erste Vegetation Europas nach dem Abschmelzen der Gletscher am Ende der Eiszeit aus Flechten bestand. Vielleicht ist es sogar nicht zu kühn anzunehmen, daß auch nach dem ersten Auftauchen des Festlandes aus dem Urmeer die wenigen Algen, die sich dem Luftleben anpassen konnten, bald zur Flechtenform übergingen, welche landbewohnenden Algen zweifelsohne nicht zu unterschätzende Vorteile bietet. Erdgeschichtliche Funde stützen allerdings eine solche Vermutung insofern nicht, als die ältesten Flechtenfunde erst dem tertiären Zeitalter angehören, doch will das bei der Lückenhaftigkeit paläontologischer Funde nicht viel besagen. Aber sieht man, wie heutigentags wenigstens in den gemäßigten Klimaten nirgends eine Vegetation aufzukommen vermag, ohne daß ihr Flechten die Lebensbedingungen vorbereitet hätten, so kann man sich nicht gut davor versperren, daß es schon bei der ersten Vegetation ebenso gewesen sei.

Diese Bedeutung der Felsenflechten als Vorbereiter der Vegetationen ist noch viel wichtiger als ihre pflanzengeographische. Und das geht so zu:

Jede Flechte entsendet, wie schon erwähnt, Haftfäden in den Boden, auf dem sie hauft. Man hat bei an Kalkfelsen wohnenden Krustenflechten schon des öfteren gefun-

den, daß ihre Haftfäden tief in das Gestein eindringen. Löst man den Kalkstein, auf dem sie sitzen, in Salzsäure auf, dann wird man sehen, daß zentimeterlange Fadenbüschel zurückbleiben, die den Stein ganz durchsetzen. Das sind die Hyphen der Flechten, und man muß zugeben, daß ein solches langsames Zerbohren der härtesten Felsen im Fluß der Zeiten ganz große Wirkungen auslösen muß. Auch wird durch die Kohlensäureabscheidung und das stete Feuchthalten des Gesteins dessen Verwitterung sehr begünstigt, weshalb man es unter Flechten stets mürber und lockerer findet, als wenn es unbesiedelt ist. Das ist eine scheinbar kleine Wirkung von großer Tragweite, die man noch mehr studieren sollte.

Um sie zu würdigen, bitte ich auf einer Hochgebirgswanderung auf die an und für sich schon anziehende Felsenflora zu achten. Es gibt keine so senkrechte Wand, auf der nicht bei näherem Betrachten, das Gemüt erfreuend, eine gar holdselige Pflanzenschar ihr Plätzchen fände. Die Schrofen und Abstürze werden durchbrochen von schmalen „Rasenbändern", wohlbekannt und geschätzt vom Bergsteiger, der auf diesen oft trittschmalen Vorsprüngen die fürchterlichsten Abstürze spielend überwindet, wenn von unten aus schaudernd-staunende Zuschauer glauben, er hänge in äußerster Gefahr an weg- und trittloser Wand. An solchem Geschröf wuchern reichlich Riedgräser, namentlich Carex humilis und mucronata in wahren Rasen, dazwischen Sesleria und Festuca-Gräser und Simsen, oft in dichtem Wasen der Mauerpfeffer, von feinen Ritzen aus weitläufig das Felsengehege überspinnend; die liebliche Kugelblume (Globularia cordifolia), auch Steinbreche sind da, violettrote, betäubend duftende Thymiansträuße und Primeln und dazwischen reichlich Moospolster, meist so vertrocknet, daß sie als mißfarbendunkle Kugelballen die Phantasie auf Reisen locken. Diese armselige und doch schöne Pflanzenwelt, die bitter um ihr Leben kämpfen muß, hilft unsere unnahbarsten Bergtürme zernagen. Sie lockert den Boden, der sie ernährt, sie sammelt Humus, teils indem sie der dort eifrig wühlenden Regenwürmer Überreste festhält, teils indem sie selbst im Tode den Boden düngt. Wenn das Felsband lange genug nur anspruchslose Felsenpflanzen getragen hat, genügt eines Tages der Humus, um einen Alpenweidenstrauch zu ernähren oder gar ein Bäumchen, das dann mit den Wurzeln wieder den Felsen lockert. So ruht die erste Pflanze nicht, bis für reichere Pflanzengesellschaft die Lebensbedingungen geschaffen sind.

Wie aber hat die Steinwand zuerst den Felsenpflanzen Brot und Raum geboten? „Der nackte Fels ist bei uns doch für keine Gefäßpflanze bewohnbar. Über 40° geneigte spaltenlose und glatte Felsflächen sind scheinbar völlig unbesiedelt. Beim Anschlagen mit dem Hammer entsteht aber allenthalben auch auf dem allerkahlsten Fels ein lebhaft chlorophyllgrüner Fleck, der darauf schließen läßt, daß das, was wir Felsoberfläche nennen, nicht Gestein ist, sondern ein feiner Kryptogamenüberzug. Gefäßpflanzen aber treten erst da auf, wo sich auf dem Fels oder in seinen Spalten irgendwelcher Detritus (Abschwemmassen) angesammelt hat. In den meisten Fällen ist ja der Fels weder glatt noch kompakt, so daß Staub, hergewehter Sand, Pflanzenteile, von oben herabgeschwemmte oder herabgestürzte Erde, an Ort und Stelle entstandene Verwitterungsrückstände und Überreste und Verdauungsreste von Tieren reichlich Gelegenheit haben, sich irgendwo zu fangen und anzuhäufen." So beschreibt M. Oettli, ein jüngerer Schweizer Naturforscher, die Bildung des Bodens in Felsenrissen. Der

Kryptogamenüberzug und die Verwitterungsrückstände sind aber zum großen Teil das Werk von Flechten, können wir dieser anschaulichen Beschreibung hinzusetzen.

Ein Beispiel von „Baumkrätze". (Originalaufnahme von H. Dopfer.)

So sind die Flechten Vertreter und Vorbereiter des Lebens auch unter den unwirtlichsten Verhältnissen. Trotz ihrer Unscheinbarkeit nützen sie den anderen Pflanzen, vielen Tieren, ja sogar dem Menschen. Was in unseren Gebirgen nur gelegentliche Nutzung, das ist dem armen Polarbewohner wichtig, wie uns das Getreide, und oft genug hat man im Norden mit Flechtennahrung Zeiten der Not leidlich überstanden. Das isländische Moos (Cetraria) hat den Ruhm, als Grütze in Milch gekocht und, mit Mehl vermengt, als Brot auf Island als Nahrungsmittel zu gelten. Man ißt dort sowie in Finnland, Flechtenbrot, das, wenn auch nicht wohlschmeckend, immerhin zuträglich ist. Nahrhaft daran ist die Moosstärke oder Lichenin genannte Substanz, ein in der Zellwand verarbeitetes Produkt der Flechten, das nach neueren Analysen bis zu 44 % in dem isländischen Moos enthalten ist. Dieser Stärkegehalt macht die Flechten auch technisch verwendbar, weshalb im Riesen- und Fichtelgebirge ein nicht unbeträchtlicher Handel damit betrieben wurde.

Doch auch hiermit ist das von der bunten Flechtenwelt allgemein Wissenswerte noch nicht erschöpft. Daß auch die Kirgisen und Tataren aus der sogen. Manna-

flechte (Sphaerothallia esculenta) ein Brot bereiten, das in der vegetationsarmen innerasiatischen Steppe, wenn die Flechten vom Winde manchmal in Massen verweht werden, als Segen Gottes gelten muß, wie der „Mannaregen", auf den die bekannte jüdische Sage anspielt, ist dabei nur ein interessantes Kuriosum. Recht ins Gewicht fallen jedoch die Schädigungen, welche die Flechten dem Obstzüchter zufügen, wenn sie als Baumkrätze massenhaft die Zweige alter Bäume besetzen. Diese dorren dadurch leicht ab, trotzdem die Flechten keine Schmarotzer, sondern nur Überpflanzen (Epiphyten) sind, die sich ausschließlich, außer durch Assimilation, von den im Regenwasser befindlichen Mineralstoffen nähren. Es kommen hierbei besonders gemeine Parmelia-Arten (P. = Imbricaria caperata, physodes), Schüssel-, manchmal auch Bartflechten in Betracht. Besonders viel zu leiden haben in manchen Gegenden die Pflaumenbäume, und es ist eine ganz merkwürdige Erscheinung, die näher studiert zu werden verdient, daß sich die Flechtengattung Evernia (besonders E. prunastri) geradezu auf der Gattung Prunus als ihrem Wohnungsgeber spezialisiert hat.

Auch der Apotheker hat beruflich Ursache, sich mit Flechten zu befassen. Im jetzt gültigen deutschen Arzneibuch ist zwar nur noch die Cetraria islandica als offizinell aufgeführt. Sie wird aber auch da mehr als Hausmittel bei Abmagerung oder Durchfall gegeben, wobei das Lichenin nährend, das in der Flechte reichlich vorhandene Moosbitter, wissenschaftlich Zetrarsäure genannt, ob seiner tonischen Wirkung in Betracht kommt.

Die Naturheilkunde und der Volksgebrauch messen ihm allerdings mehr Wert zu. Die „Brustkrankheit" wird durch die Gallerte, in die sich die gekochte Flechte verwandelt, kuriert. Die zahllosen Arten von Brusttees, die man allenthalben angepriesen findet als einzig wirkend vom Keuchhusten bis zu Masern und Tuberkulose, sind immer wieder lichen islandicus.* Nur sind sie ebenso regelmäßig vier- bis zehnmal überzahlt, was man daraus berechnen möge, daß unter Heilkräuterhändlern 100 kg isländisches Moos etwa 30—50 Mark kosten.

Diese besondere Wertschätzung, die das Volk den Flechten entgegenbringt, ist übrigens nur ein schwacher Nachhall des allgemeinen Lobes, mit dem in vergangenen Jahrhunderten Quacksalber, weise Frauen, Dürrkräutler und Scharfrichter als besonders geschätzte Heilkünstler des wundertätigen Lungenmooses gedachten, das, gelehrt etikettiert, als muscus pulmonarius auch in die Apotheke eindrang. Es ist das nichts anderes als Sticta pulmonaria, die größte aller einheimischen Flechten, die bei uns an alten Buchen und Eichen gemein und auch sonst ziemlich über den ganzen Erdball verbreitet ist.

Noch angesehener aber war die von uns schon in diesem Sinn erwähnte Usnea cranii humani, zu deutsch Hirnschädelmoos**, die zweierlei Anwendungen hatte. Einmal „in omnibus pene morbis, imo in epilepsia et pestilentia ipsa" (in beinahe

---

* Nicht zu verwechseln mit dem zu ganz ähnlichen Zwecken verwendeten irländischen Moos (Karragheen), das nichts anderes als der Tang Chondrus crispus ist.

** Wohl meist Bryopogon und Usnea, aber auch die auf Knochen wachsende Imbricaria saxatilis.

allen Krankheiten, sogar bei Epilepsie und Pest), wie in Daniel Trillers Dispensatorium pharmaceuticon universale noch aus dem Jahre 1764 zu lesen, und die andere, viel wichtigere Anwendung als unguentum armarium, das heißt Waffensalbe. Von diesem Kuriosum, das z. B. der berühmte Parazelsus dem Kaiser Maximilian anfertigte und dieser wacker brauchte, erzählt uns ein österreichischer Arzt, namens Adam von Lebenwaldt, in seiner sehr merkwürdigen Schrift „Von des Teuffels List und Betrug in der Waffensalben, Sechstes Traktätl. Saltzburg 1681“: War jemand verwundet, so rieb der Wundarzt mit der Waffensalbe die Waffe, die das Unheil verursachte, tüchtig ein, verband sie und legte sie „an ein sauberes temperiertes Orth, daß kein Staub darauffalle.“ Hierauf mußten Patient und Arzt keusch leben, „da heilte die Wunde geschwind und ohne Molest, und wenn sich auch der Patient 1000 Meilen Wegs weit befand.“ War aber das verwundende Werkzeug nicht zu beschaffen, so rieb man auch einen „Stuelfuß“ oder — etwas anderes mit der Waffensalbe ein.

Dieses Wunderpräparatum bestand aber nach unserem Gewährsmann, dem übrigens Zweifel an dieser sympathetischen Kur aufstiegen, weshalb er es eine „Affensalbe“ nannte, aus folgenden „vier Prinzipal Stucken: aus Blut, Faisten*, Mumia, d. i. auf gewisse weiß präpariertes Menschenfleisch und Usnea, d. i. Mueß (= Moos), so auff der Hirnschal des Tottenschädl eines Gehenkten gewachsen war.“

Hauptwirkend war dabei das Totenkopfmoos. Der wackere Arzt, der sich in seinem „achten Traktätl“ für die Wirklichkeit der Hexenfahrten verbürgt, weil „Simon der Zauberer zu Rom ja leiblich in die Lufft geflogen und von dem H. Petro durch eyfriges Gebett zu Boden gestürtzt worden, darauff er einen Bainbruch bekommen ... dem Simon Mago wird ja nit getraumbt haben wie er gefallen und seine Schind-Häxen gebrochen“ — dieser scharfsinnige Naturkundige seiner Zeit gibt dafür folgende Erklärung: Besagtes „Mueß“ sei deswegen so kräftig, „weil bey den strangulierten die Lebensgeister ‚spiritus vitales‘ in die Hirnschalen schleichen vnd alldort verbleiben, biß ein Mieß darauf wachset, welches diese Lebensgeister an sich ziehet“. Von diesem Unsinn dürfte so viel wahr sein, daß auf den Skeletten Hingerichteter, die man ja schauderhafterweise jahrelang hängen ließ, sich Flechten, die man schon des öftern auf Knochen beobachtet hat, ansiedelten, und daß die „kevsche Lebensweiß“ ganz sicher weder den Patienten noch den Ärzten und die Waffensalbe den Schwertern nicht geschadet hat.

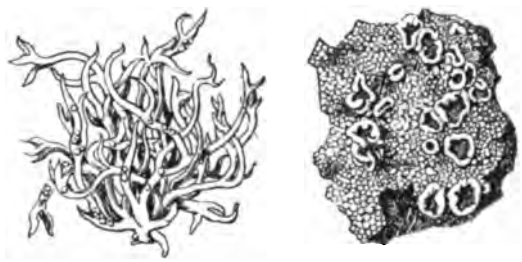
Wenn aber jemand am Fortschritt verzagt, der möge bedenken, daß vor 200 Jahren solches sowohl als botanische Wissenschaft wie als Heilkunst galt.

Die letzte Farbe, die ich dem entworfenen Gemälde der Flechtenwelt aufsetzen möchte, wäre das, was noch von den Flechtenfarben zu sagen ist. Diesen gebührt deshalb besondere Erwähnung, weil sie, das Material für blühende Industrien liefernd, Tausende von Händen in Bewegung setzen. Eines der Produkte dieser Industrien ist jedermann bekannt, der im technischen Leben steht, um so weniger wohl dessen Ursprung. Ich meine das Lackmuspapier, mit dem der Chemiker sich am einfachsten von der Anwesenheit freier Säuren überzeugt, da es sich durch solche rötet. Ebensowenig, wie jemand daran denkt, daß der fremdländisch klingende Namen von lacca musci, das heißt aus Moosen (natürlich falsche alte Bezeichnung der Flechten) bereiteter Lack, her-

* = Fett.

rührt, so weiß man auch nicht, daß dieses Präparat aus verschiedenen Flechten, besonders Roccella-Arten und (Lecanora) Ochrolechia tartarea, hergestellt wird. Holland ist der Mittelpunkt dieses Handwerkes, das besondere Flechtenmühlen in Bewegung setzt und den blauen Farbstoff aus den Pflanzen durch Gärung gewinnt.

Die zweite der berühmten Farbenflechten, die eigentliche Färberflechte (Roccella tinctoria D. C), deren büschelförmig wachsende, lederartige, weißliche Lager in besonderen Mengen auf den Inseln und Küstenfelsen des Südatlantik, des Indischen und des Mittelmeeres* gedeihen, so daß die Kanarischen Inseln (besonders das zu geographischer Berühmtheit gelangte Ferro) an 130 000 kg jährlich davon ausführen, hat ihre Glanzzeit eigentlich schon verloren. Die aus ihr seit dem Altertum bereiteten Purpurfarben, bald Orseille, bald roter Indigo, Persio, Cudbear, Orseillekarmin genannt und in der Kattundruckerei und zum Rot-, Braun- und Violettfärben der Wolle verwendet, werden durch die Anilinfarben immer mehr zurückgedrängt. Noch schlechter ist unsere einheimische Farbflechte, die Ochrolechia tartarea, daran, die der Kaufmann Erdorseille nennt, und die man bei uns in der rauhen Rhön und den Hochflächen des Thüringerwaldes sammelt, freilich weit mehr im bergigen Schottland und namentlich in Schweden, das diesen Handel beherrscht, was der Pflanze auch die Bezeichnung schwedisches Moos eingebracht hat. Sie ist an sich minder wertvoll, wird daher noch rascher von den billigen Steinkohleteerpräparaten verdrängt.



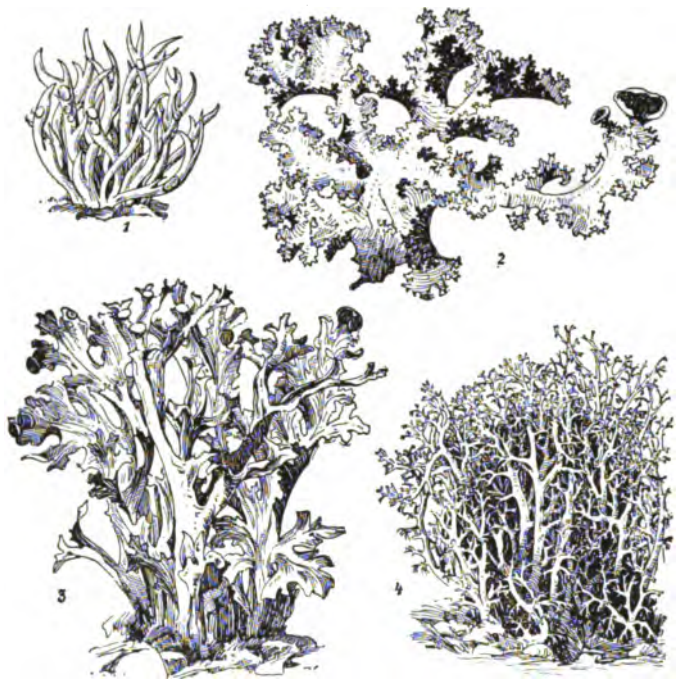
Lackmusflechten. (Nach der Natur gezeichnet von R. Öffinger.)

Immerhin liegen auch so noch in den Flechten ganz gewaltige volkswirtschaftliche Werte verborgen, die erst eine ingeniösere Zukunft heben wird. Die ihr den Weg bahnende Wissenschaftsarbeit hat uns bewiesen, daß das Lager der meisten Flechten sehr reich an den verschiedensten Farbstoffen ist. Prof. W. Zopf in Münster ist der Spezialist, dem die Kenntnisse über die Flechtenfarbstoffe zumeist zu danken sind. Durch ihn wissen wir, daß es vorwiegend Flechtensäuren (Chrysophan, Erythrinsäure, eine Art natürlicher Anilinfarben?) sind, die z. B. als kristallinische, gelbe Körnchen die gemeine Schüsselflechte so leuchtend gelb färben. Legen wir uns die Frage vor, warum sich denn der Flechtenpilz veranlaßt sieht, auch seinen Teil zu der Farbenpracht der Schöpfung beizutragen, so erleichtert die Tatsache die Antwort, daß die am intensivsten gefärbten Teile des Lagers am wenigsten durch chemische Einwirkungen angegriffen werden. Es ist demnach wohl nicht zu gewagt anzunehmen, daß die Flechtenfarbstoffe Schutzmittel sind, vielleicht sowohl gegen elementare Kräfte, wie auch gegen lebende Feinde. Mehr ist von dem Nutzen und Schaden der Flechten nicht zu sagen.

Vielleicht habe ich durch die besondere Hingabe, mit der ich an diesem Miniaturbildchen des Flechtenlebens malte, das eine erreicht, daß sich die etwas erloschene Freude an diesen so viele Geheimnisse in sich bergenden Pflanzen wieder mehr anfacht,

* Haupthandelsorte sind die Kanaren, Madagaskar und Sansibar.

obzwar ich es nicht verschweigen darf, daß ihre Kenntnis sehr viel Mühe und Zeit erfordert. Jahrelanges eifriges Sammeln und Studieren der zahlreichen Exsikkatensammlungen, d. h. käuflichen Lieferungswerke mit getrockneten Flechten, gehört dazu, um in den Stand gesetzt zu sein, eine beliebige Flechte bestimmen zu können. Aber das eine kann schließlich doch jeder erreichen, daß er neben den Kenntnissen über ihre große Bedeutung wenigstens das halbe Dutzend Gattungen aus eigenem Studium kenne, das in Mitteleuropa Allerweltszaungast auf Baum und Fels ist. Und dazu möchte ich als Beschluß des Abschnittes noch ein wenig anleiten.



Hauptformen der Flechten.
1 = Thamnolia vermicularis. 2 = Platysma (Cetraria glauca). 3 = Cetraria islandica. 4 = Renntierflechte (Cladonia rangiferina). (Nach der Natur gezeichnet von R. Öffinger.)

Die allergemeinste Flechte ist die gelbe Wandschüsselflechte (Physcia parietina Kbr.). Es gibt keinen älteren Baum, keine trockene Mauer oder Felswand, wo ihre chromgelbe, näher besehen ganz entzückende Borke nicht zu finden wäre (Bild S. 445). Ein zweiter gemeiner, an der grauen Färbung leicht zu unterscheidender Genoß ist die Schüsselflechte, die man Parmelia oder Imbricaria nennt. Besonders die Arten I. conspersa und caperata wird man nie vergeblich suchen. Die Porenflechte (Pertusaria communis [Bild s. S. 445]), leicht kenntlich an ihren geschlossenen (angiokarpen) Früchten, als typischer Vertreter ihrer Gruppe gegenüber den offenen Schüsselchen der Imbrikarien, ist ein ausgesprochener Bewohner der Ebene und der niederen Gebirge, gleichwie auch die Hundsflechte (Peltigera canina Hoffm.), eine der ansehnlichsten Flechtengestalten, die von dem Laien fast immer mit einem Pilz verwechselt wird. (Bild S. 449.)

Ein anderer Typus ist gegeben in den vorhin oft erwähnten Bartflechten, von denen Bryopogon jubatum Kbr. an den Tannen noch häufiger ist als die Usnea barbata. Unterscheiden kann man die beiden, sonst sehr ähnlichen Gebilde daran, daß die Apothezien (Fruchtbehälter) von Bryopogon der Wimperfäden entbehren, mit denen die der echten Bartflechte geziert sind.

Graphis scripta L., die Schriftflechte, und die ihr nahestehende Opegrapha atra Pers. (Bild S. 445) wird der Naturfreund sicher kennen lernen,

wenn er die Wetterseite von Buchen und anderen Waldbäumen durchmustert. Und auch Kladonien, d. s. Becherflechten, werden ihm nicht entgehen, sobald er abgestorbene Baumstümpfe beachtet. Cladonia fimbriata Fr. ist der Vertreter des einen Typus, den man im Riesen- und Fichtelgebirge in Schächtelchen als Rarität unter dem Namen „Korallenmoos" dem Fremden anbietet. Diese Becherflechte ist zugleich der häufigste Vertreter ihres vielgestaltigen Geschlechtes, dem die Flechtenforscher G. Krabbe und Wainio sogar besondere Monographien gewidmet haben. Steigt man ins Hochgebirge, von dem unsere Wanderung durch die Welt der Flechten ausging, so wird man dort in der Renntierflechte (Cl. rangiferina) schließlich auch mit dem anderen Gestaltungstyp der Gattung, zugleich aber mit der höchsten Entwicklungsform bekannt, zu der es eine Flechte überhaupt bringen kann.* (Bild S. 466.)

Die von ihr im Verein mit Zetrarien gebildete knisternde, trockene Flechtenheide an der Wetterseite des Brockens gehört zu den lieb-vertrauten Bildern des deutschen Naturfreundes. Die Erinnerung an sie bringt für viele von uns den Duft glücklicher Tage inmitten einer großartigen, feierlich gestimmten Natur wieder. Dem echten Naturfreund aber, dem die Schönheit der Natur nicht nur Sorgenbrecherin und Gegenstand der Unterhaltung, sondern auch der nicht versagende Quell ernster Gemütsvertiefung und Denkschulung ist, dem bedeutet auch das Problem der Flechte einen steten Anreiz, immer wieder daran zu gehen und neue Einblicke zu versuchen in ein Leben, dessen Erforschung vielleicht die Botanik des nächsten Jahrhunderts beherrschen wird.

---

* Ganz häufige Flechtenformen, deren der angehende Flechtensammler überall habhaft werden kann, sind die Astflechten auf Baumstämmen (Ramalina calicaris Fr. und Evernia), ferner Anaptychia ciliaris Kbr. Auf Felsen sind die gewöhnlichsten Formen auch Zeora sordida (meidet Kalk), Umbilicaria pustulata Hoffm. Auch Verrucaria, Gyrophora, Callopisma, Pannaria, Lecanora sind Flechtengattungen, mit denen man bald bekannt wird. Alle übrigen, in diesem Schlußabsatz nicht genannten Gattungen sind seltener. (Bilder S. 445, 450, 451.)

Als wichtigste Schriften, die in das Studium des Flechtenlebens tiefer einführen, empfehle ich noch, soweit sie nicht im Text zitiert sind, zum Bestimmen der Formen dem Anfänger:

1. Kummer, Führer in der Flechtenkunde. 2. Aufl. Berlin 1883. 8°.

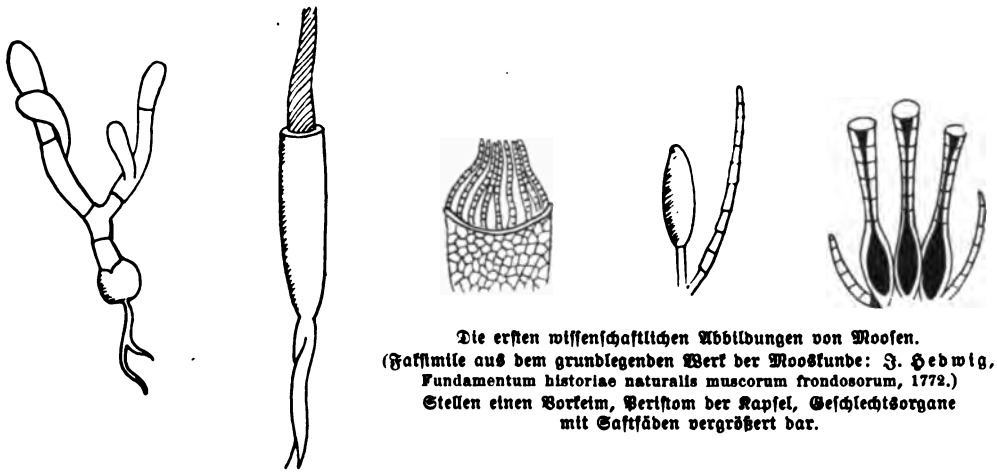
Die wissenschaftlich grundlegenden Werke sind:

2. E. M. Fries, Lichenographia europaea. Lund 1831.
3. Körber, Systema Lichenum Germaniae. Breslau 1855—1865.
4. S. Schwendener, Untersuchungen über d. Flechtenthallus. (Nägelis Beiträge zur wissenschaftl. Botanik. 1860—1862.)
5. — Die Algentypen der Flechtengonidien. Basel. 1869.
6. L. Tulasne, Mémoire pour servir à l'histoire organographique et physiolog. des lichens. (Annales des sciences naturelles. 3. sér. Bd. XVII. 1852.)
7. E. Bornet, Recherches sur les gonidies des lichens, und „Recherches sur la synthèse des lichens". (Beide in Annales des sciences nat. 1873 und 1889.)
8. Rees, Über die Entstehung der Flechte Collema glaucescens. Berlin. 1871.
9. E. Stahl, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Flechten. Leipzig 1877—1878.
10. Krabbe, G., Entwicklungsgeschichte und Morphologie der polymorphen Flechtengattung Cladonia. Leipzig. 1891.
11. Möller, A., Über d. Kultur flechtenbild. Askomyzeten ohne Algen. Münster 1877.

Die Systematik behandeln in neuerer Zeit:

12. Wainio, E., Monographia Cladoniarum. I—II. Helsingfors 1887—1895.
13. Crombie, J. M., A Monograph of Lichens found in Britain. London. 1894.
14. Rabenhorst, L., Lichenes europaei exsiccati. Dresden. 1859—1865. (Exsikkatenwerk.)
15. M. Fünfstück und A. Zahlbruckner, Lichenes (Flechten) in Engler-Prantl, Natürl. Pflanzenfamilien. I/1. Leipzig. 1898.

Naturgeſchichte der Mooſe.



Die ersten wissenschaftlichen Abbildungen von Moosen.
(Faksimile aus dem grundlegenden Werk der Mooskunde: J. Hedwig, Fundamentum historiae naturalis muscorum frondosorum, 1772.)
Stellen einen Vorkeim, Peristom der Kapsel, Geschlechtsorgane mit Saftfäden vergrößert dar.

Die Moose.

Die Zahl der Moosarten ist noch nicht festgestellt. Angesehene Handbücher geben sie mit 4000 an. Doch in Fachwerken werden von der einen Gruppe der beblätterten Lebermoose allein gegen 5000 Arten aufgeführt. In Deutschlands Moosfloren finden sich Angaben über 500 Arten, die sich auf ungefähr 80 Gattungen verteilen; aus Europa kennt man aber 150 Gattungen, von denen manche über 100 Arten zählt.

Diese Zahlen schildern anschaulicher, als es eine noch so schwungvolle Einleitung vermöchte, die außerordentlichen Schwierigkeiten der edlen Bryologie, wie man die Mooskunde in ihren Liebhaberkreisen nennt. Dazu kommt noch, daß viele Arten nur mit größter Mühe auseinandergehalten werden können. Manche (ich erinnere den Kenner nur an die Aneura-Arten oder Hypnum cupressiforme, das gewöhnliche Astmoos unserer Wälder) lassen sich eigentlich gar nicht mit Sicherheit bestimmen. Die Unterscheidungen gründen sich außer dem „Habitus" vornehmlich auf feine anatomische Verhältnisse, die mit dem Mikroskop zu erforschen sind, auf den Bau und die Form der Moosfrucht, namentlich deren sogen. Peristom und auf die Form der Zellen in den Blättern. Nun fruchten aber viele Moose nur höchst selten oder gar nicht.

Moosforscher zu sein, ist also ein schwieriges und undankbares Geschäft. Wieviel schwieriger aber ist es, einen größeren Kreis von Naturfreunden in die formenschöne Kleinwelt der Moose einzuführen — eine Aufgabe, die mir nun zusteht!

Da sei denn von vornherein gesagt, daß es völlig vergebliche Mühe wäre, jemanden durch ein Buch zu einer auch nur einigermaßen befriedigenden Formenkunde zu bringen. Um Moose in der Natur zu erkennen, muß man ihr Bestimmen lange und viel üben. Man muß eine Bryothek, d. i. ein Moosherbarium, anlegen, man muß auch hier die berühmten und käuflichen „Exsikkatensammlungen", deren es viele gibt*, durchvergleichen.

* Solche sind die Cryptogamae exsicc. des Wiener Hofmuseums, die böhmische Bryothek von Bauer (400 Arten), die badischen Kryptogamen von Jack-Leiner und Stitzenberger (1000 Arten), die Cryptogamae Germaniae von Prof. Migula, die Hepaticae europeae von Prof. v. Schiffner usw.

Der Moose Bedeutung liegt aber gar nicht in ihrer Mannigfaltigkeit; sie ist nur ein Ausdruck dessen, daß sie eine sehr lange Geschichte hinter sich haben, was schon dadurch bezeugt wird, daß der Bernstein den noch heute lebenden Moosformen ähnliche einschließt. Die wahre Ursache, warum der Gebildete, warum jeder Naturfreund und Lehrer auch die Moose nicht vernachlässigen darf, steckt in ihrer großen Bedeutung, einmal für das Verständnis der Pflanzen überhaupt, und in der noch größeren für den Haushalt der Natur und des Menschen.

Solchen Erwägungen muß sich der Verfasser eines Werkes hingeben, das der Botanik wieder den verloren gegangenen Ehrentitel einer scientia amabilis erobern und ihr von neuem einen Platz im Bildungsschatz verschaffen möchte.

Daß in dem großen Schrifttum, das zwischen Wissenschaft und Bildung vermittelt, nur ganz wenig Werke geeignet waren, die Freude an der Natur wirklich zu befriedigen, rührt meines Erachtens davon her, daß die Verfasser solcher Schriften sich nur selten im klaren darüber sind, für wen sie schreiben. Es ist das ein sehr wichtiger Punkt, dieser Kontakt zwischen Autor und Publikum, und da wir es an einer anderen Einleitung von allgemeinerem Interesse fehlen ließen, vergönne man mir als Ersatz hierfür, in dieser Frage einige Worte an die zu richten, von denen ich mir vorstelle, daß sie in der Ruhe eines kleinen Städtchens, in der Einsamkeit eines Gutshofes oder inmitten der zahlreichen „Vergnügungen" unserer Großstädte doch weltabgewandt, am Abend oder an einem Wintersonntagnachmittag sich mit diesem Buche behaglich zurechtsetzen, um sich von mir herumführen zu lassen in dem grünen schönen Wundergarten heimischer Natur. Wer gehört wohl zu unserer stillen Gemeinde? Zumeist Lehrer; auch sehr viele von dem neuen Geschlecht der Studenten, das seit einiger Zeit heranwächst und Bierkomment und Paukerei als Überbleibsel der Sittenverwilderung früherer Jahrhunderte einschätzt. Es sind ferner Naturfreunde aus allen Kreisen unseres Volkes, die Ärzte und Apotheker, die vielen einfachen und höheren Beamten, die zahlreichen Frauen unserer geistigen Oberschicht, die alle, getrieben von einem glühenden Bildungsdurst, mir die vielen Briefe schreiben, in denen immer dasselbe gesagt wird, wie man seit seiner Kindheit von unbeschreiblicher Sehnsucht erfüllt war, mehr zu wissen von den Wundern der Natur, welche alle Zeitungen und Journale als Phrase andeuten, die jede Bildungslektüre preist, deren Beschreibung man in Fachwerken nie verstehen könne, und deren Verständnis von der Schule nicht geboten wurde. . . .

Und nicht zuletzt besteht dieser Leserkreis aus Hunderten von „Spezialisten" und Gelehrten des Faches, den verschiedenen Mikrologen, Algologen, Lichenologen, Phytopathologen, Floristen, Bryologen, den jüngeren Dozenten und älteren Ordinarii, die mit kritischem Auge und sehr ernster Miene dies Buch zur Hand nehmen. Sie überschlagen die Stellen, an denen die „Naturfreunde" mit Liebe hängen, schreiben sich aber die anderen heraus, welche wenig bekannte oder neue Angaben enthalten oder neue Auffassungen bringen, und schätzen das Werk nicht so sehr nach seinem allgemeinen Nutzen, als nach dem engeren Vorteil, den es ihnen gebracht hat.

Jeder Verfasser muß viel Mühe darauf verwenden, solcherart seine Gemeinde kennen zu lernen, sonst spricht er ins Leere, und seine Worte bleiben eigentlich ungehört.

So bleiben dann viele gute Bücher, ja meist gerade die, denen die „wissenschaftliche Kritik" die beste Zensur erteilt, fast wirkungslos, sogar wenn sie infolge der

Suggestion gelehrter Anpreisungen in viele öffentliche und Privatbibliotheken eingestellt werden — wo sie nämlich stehen bleiben, wenn sie nicht lebendige, d. h. nützliche Kenntnisse für Lebensbedürfnisse enthalten. Popularisieren, worunter ich verstehe: mit wissenschaftlichem *Denken* ins Volk zu bringen, besteht eben nicht darin, einen Trank in verdünnter Lösung zuzubereiten, wie es gelehrte Weltfremdheit meist glaubt, weshalb sie von solchem Tun gering denkt, sondern popularisieren bedeutet: die ganze wissenschaftliche Wahrheit von ihren Höhen bis in ihr Tiefstes verstehen und mitteilen, *aber jedem in verdaulicher Form*. Schmackhaftigkeit ist nur eine angenehme Nebeneigenschaft; sie ist eigentlich mehr für die Tasche des Verlegers von Wert — nicht aber, daß sie zum Wesen populärer Wissensverbreitung gehörte. Wesentlich ist dagegen, daß man nichts anderes vorbringe, als womit das Publikum, für das man schreibt, auch etwas Nützliches beginnen kann. Daraus folgt, *daß der Popularisator stets ein Gelehrter sein muß, der zugleich ein genauer Kenner des Kulturzustandes seines Volkes ist, um den geistigen Horizont seines Kreises richtig abzuschätzen*. Ist er noch ein Meister des Wortes obendrein, um so besser für ihn. Ein echter Vermittler zwischen Wissenschaft und Bildung wird also lächeln über den Vorwurf, den gelehrte Köpfe zuweilen gegen ihn erheben, er sei nicht gründlich genug gewesen, worunter sie verstehen, er habe so und so viele Einzelheiten weggelassen. Gewöhnlich trauern sie nur um ihre eigenen unberücksichtigten „Entdeckungen". Seine Kraft besteht ja eben darin, daß er zu unterscheiden weiß zwischen *nichtiger* und *wichtiger* Einzelheit. Aus den letzteren erbaut er das Wesen der Sache. Er wird aber als „Wesen" seines Gegenstandes ganz andere Seiten hervorkehren, wenn er Lehrern oder Amateuren Nutzen bringen will, oder wenn es sich darum handelt, dem Schulunterricht förderlich zu sein oder eine „Bildungslektüre" zu schaffen, deren Zweck und damit auch deren Mittel verschieden sein können. Man kann nämlich damit bloß anregen, um Liebhaber für einen Gegenstand zu gewinnen, oder man kann damit Vorurteile bekämpfen, die Denkfähigkeit steigern, bestimmte Winke über lebenswichtige Fragen erteilen oder schließlich auch nur „interessant unterhalten". Die letzte Absicht schiebt unfähiger Dünkel jedem Popularisator unter; nach ihr schielen leider meist die „populären Artikel" der Zeitungen und allerdings auch eine gewisse Richtung der populären Literatur, die, nicht von kulturbegeisterten Gelehrten, sondern von oberflächlichen Literaten erzeugt, als Schmarotzerpflanze am Baum der Volksbildung wuchert.

So segelt der Gebildete zwischen der Szylla der gelehrten Fachmenschen und der Charybdis mancher auf Sensationen spekulierender Literaten. Die einen schaffen „gediegene" Werke, in denen der Nichtfachmann vor Gründlichkeit, d. h. Einzelheiten, nie das Wesen der Sache erkennt, die anderen wissen bestenfalls wohl zu unterhalten, aber nie zu erziehen.

Von da aus zurückblickend um Nutzanwendung für das Eigene, habe ich die „Technik" dieses Buches verraten. Jedes seiner Abschnitte gibt einen Ausschnitt aus dem Gesamtwissen für einen bestimmten Kreis. Ich habe bei jedem Gegenstand untersucht, welchem Kreis er nützen könne, und ob es möglich sei, einen solchen als Schüler zu gewinnen. Danach mußte ich z. B. den Abschnitt über den Bildungswert der Kleinwelt freihalten von allen Einzelkenntnissen, denn er kann nur als denkerzieherisches Lesestück für den allgemein Gebildeten Nutzen stiften. Kieselalgen und ihre Verwandten können

der Natur der Sache nach niemand anders intereſſieren als Fachgelehrte und Liebhaber; hier galt es alſo, den Ton zu wechſeln und Winke zu geben, die erſt beim Studium fruchtbar werden. Anders bei den Tangen. Da war an den Lehrer und die Schule zu denken, ſo wie bei den Pilzen und Flechten. Ausgewählte Leſeſtücke über deren Bedeutung für den Kreislauf der Natur ſind es, was er und ſeine Schüler brauchen. Für eine Biologie der Pilze dagegen wird mir der Kollege vom Fach Anerkennung wiſſen, wenn ich ſie ihm unter einem neuen Geſichtspunkt zu werten weiß. Die Pflanzenkrankheiten haben wieder ihr anderes Publikum und forderten ſomit auch andere Melodie. Es wäre wertlos, über ſie anders zu ſchreiben, als aus der Praxis für die Praxis. Und da ohnedies Lehrer und Naturfreunde auf dem Lande den Stamm unſerer Gemeinde ausmachen, mußte dieſer Gegenſtand nach ihrem Geſichtskreis bemeſſen werden.

So iſt es mir auch durch den Zweck meines Werkes und die Beſchaffenheit des Gegenſtandes von vornherein vorgeſchrieben, was ich über Mooſe zu ſagen und zu laſſen habe. Ich muß mich fragen: Wer kann ſich für Mooſe intereſſieren? Und ich muß mir ſagen: nur ein enger Kreis von Naturfreunden und von Gelehrten. Dann bieten ſie dem Naturwiſſenſchaft Studierenden und der Schule wichtige Einſichten in die Abſtammung der Pflanzen und den Haushalt der Natur. Dem Mooskenner und Wiſſenſchaftler kann auch noch ein Dienſt geleiſtet werden, da zahlreiche neuere Arbeiten vorliegen über die Biologie der Mooſe, die noch nie im Zuſammenhang gewertet wurden, trotzdem ſie die Forſchung mächtig anregen können.

Mehr aber möge man hier nicht ſuchen, denn mehr zu bieten, wäre im Sinne der vorigen Erwägungen unnützlich. So wünſche ich mein Werk beurteilt zu ſehen, und wenn vielleicht auch etwas ſchulmeiſterlich hier Rechenſchaft gelegt wurde über den Geiſt, der es leitet, ſo möge man die nüchterne Bilanz verzeihen ob des Nutzens, den es trägt, wenn Verfaſſer und Leſer einander näher kommen und ſich verſtehen.

Es iſt hier alſo nichts anderes zu erwarten, als ein allgemeiner Abſchnitt über die Bedeutung der Mooſe für das Verſtändnis des Pflanzenweſens, ferner der Verſuch einer Lebenskunde der Mooſe und ausgewählte Leſeſtücke über den Wert der Mooſe für Menſch und Natur. Und ſo beginne denn die Naturgeſchichte der Mooſe.

Mooſe glaubt doch jeder zu kennen. Und jeder ſchätzt ſie als einzigartigen Schmuck des Waldes, der gar kahl erſchiene, wäre nicht das weiche Moosgrün und Gelblichbraun, das den Boden belegt, die alten Buchen und Ahorne maleriſch überzieht und in feuchten Mulden als zierlichſter Raſen im ſchönſten grün-goldenen Feuer funkelt und ſchimmert.

Und dennoch weiß faſt niemand von den Tauſenden, die ſie nicht miſſen mögen im Waldbild, Näheres über ſie, außer daß ſie als geſchmackloſer Gräberſchmuck verwendet werden oder als proſaiſche Fenſtereinlage und als Mittel, um Blumen und Fiſche friſch erhalten zu können auf weiten Transporten. Das wäre ſo etwa die Antwort, wenn man mit dem großen Publikum ein Examen anſtellen würde über die Bedeutung der Mooſe.

Aber auch der Botaniker wartete viele Jahrhunderte lang nur mit ſehr nichtsſagenden Formeln auf, wenn man ihn um das Wiſſenswerte von den Mooſen befragte. Man hat dieſe zierlichen Dinge zwar ſchon ſeit ſehr langer Zeit unterſchieden, und hinter gar vielen der häufigen Moosnamen ſteht das ſo wohlbekannte L. des namengebenden Linné als Zeichen, daß ihm die Hauptformen der Mooswelt ziemlich ver-

traut waren. Dennoch gilt nicht er als Führer in diesem Wissenszweige, sondern sein Zeitgenosse, der siebenbürgische Botaniker Johann Hedwig, dessen ehrender Beiname ihn als den „Linné der Moose" pries.

Hedwig begründete ihre Naturgeschichte mit fleißigen, in manchem sogar genialen Arbeiten, nachdem ihm die Mittel dazu ein glücklicher und so wunderlich romantischer Zufall gewährte, daß ich mich nicht enthalten kann, ihn mitzuteilen.

Hedwig war nämlich als Leipziger Student in solcher Not, daß die ganze „Mooskunde" ernstlich in Frage gestellt war. „Da geschah es", erzählt sein Biograph Trausch, „daß er in dieser Verlegenheit eines Tages in einer Gasse Leipzigs einen heftigen Streit vernahm, der aus dem dritten Stockwerk eines Hauses, vor dem er vorübergehen wollte, zu seinen Ohren drang mit den Worten: ‚So mag ich auch das Geld nicht haben, und es gehöre denn dem, dem es zufallen wird,' worauf Hedwig vom Fenster des Hauses eine gefüllte Börse vor die Füße fiel."*

Männliche (♂) und weibliche Blüten eines Laubmooses. (Faksimile aus J. Hedwigs Sammlung. 1793.)

Dieses zum Fenster hinausgeworfene Geld trug wirklich reichlich Zinsen für die Kultur. Auf Hedwigs Bemühungen entwickelte sich im Verlaufe von 1½ Jahrhunderten ein schon deshalb wichtiger Wissenszweig, weil er uns vor langen Jahren den Mut gab, die Abstammungslehre auch auf die Pflanzenwelt anzuwenden. Die Alge Coleochaete und die Armleuchteralgen (vergl. S. 276 und 287) galten als die Vorläufer der Moose, und da diese wieder mit den Farnen durch mancherlei Anzeichen in Beziehungen gebracht wurden, hat man kühnlich einen Stammbaum in der Botanik errichtet schon zu Zeiten, da die Zoologen noch fast ratlos vor dem Problem der Deszendenz standen. (Doch erfordert es die Wahrheit zu gestehen, daß der Stammbaum der Moose heute nicht mehr so sicher wurzelt, wie sich das die ältere Generation vorstellte.)

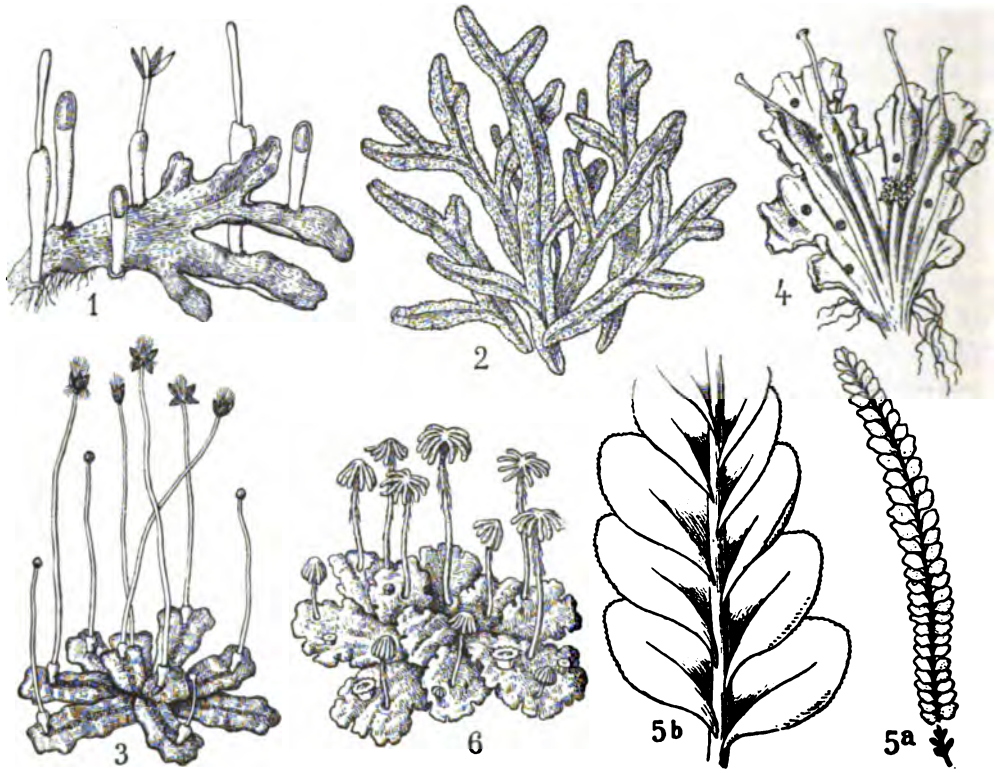
Verstehen wird man das am besten, wenn wir uns einmal die zwei Haupttypen der Moose vor Augen rücken.

Da wäre das gemeine Lebermoos (Marchantia polymorpha L.), das jedermann, der über der Moose Leben ein Urteil haben will, selbst untersuchen sollte. Er kann dies zum Glück auch leicht, da es (mit seinen Verwandten Metzgeria, Fegatella und Preissia, siehe die Bilder) zu den gemeinsten Moosen gehört, die man niemals vergeblich suchen wird an feuchten, schattigen Steinmauern und Waldstellen. So ein Lebermoos ist ein vielgelapptes, dunkelgrünes, flaches Gebilde, anzusehen wie ein Laubblatt und meist auch nicht viel größer als ein solches. Das Ganze ist meist

* Nach J. Römer, Aus dem Leben eines Mikroskopikers zu Linnés Zeiten (Mikrokosmos. 1908).

eng angepreßt an seine Unterlage; will man es davon abheben, erweist sich, daß es daran mit vielen Wurzelhaaren festgewachsen ist. Wer es nicht bestimmen kann, ist in Verlegenheit, ob er es für eine Luftalge halten solle; keineswegs wird er sich versucht fühlen, es für mehr als eine Lagerpflanze zu nehmen.

Wie ganz anders tritt dagegen der zweite Hauptrepräsentant der Moose auf, das goldene Frauenhaar, dessen schwellende Polster in keinem feuchten Walde fehlen



Die wichtigsten Lebermoose.

1 = Aneura pinguis mit Sporogonen, 2½mal vergrößert. 2 = Metzgeria pubescens ⁶/₁. 3 = Pellia epiphylla mit Sporogonen ¹/₁. 4 = Blasia pusilla mit Brutknospenbehältern. 5 = Plagiochila asplenioides in natürl. Größe (5a), einige Blättchen in Lupenvergrößerung (5b). 6 = Marchantia polymorpha mit Blütenständen und Brutbechern ¹/₁. (Nach K. Müller, Schiffner und Migula.)

(siehe die Tafel). Ist es doch wie der Nadelzweig eines Bäumchens gestaltet. Auf langem, braungrünem Stiel entspringen lebhaft grüne zugespitzte Blättchen, und unten geht der Stengel in einen wahrhaftigen Wurzelfaden über, den viele braune Fäden im Boden festheften. Wenn man das Lebermoos nur zu leicht unterschätzt, möchte man das Laubmoos höher taxieren in seiner Organisationshöhe, denn man glaubt, wahrhaftige Wurzeln, einen Stengel und Blätter vor sich zu haben.

Das Mikroskop belehrt jedoch eines Besseren. Mit viel Genuß überzeugt man sich, daß die schönen Moosblätter zwar aus vielen Zellen zusammengesetzt sind, in denen ebensolche scheibenförmige Blattgrünkörner hausen, wie in irgendeinem Laubblatt. Aber es fehlt dem Moosblatt jeder komplizierte Bau. Aus einer einzigen Zellschichte errichtet, entbehrt es auch der „Nerven", d. h. der Gefäßbündel. Auch der Moosstengel

ist ein höchst einfacher Zusammenschluß parenchymatischer Zellen, und die scheinbaren Wurzeln erweisen sich als bloße Haftfäden, wie solche dem Pflanzenfreund von Tangen und Flechten sattsam bekannt sind. Das Ganze ist ein wunderliches Vorbild höherer Pflanzengestaltung mit einfachsten Mitteln. Überraschenderweise ist es gerade umgekehrt bestellt mit dem primitiven Lebermoos. Dessen innerer Bau ist viel kunstvoller, als es das formlose Äußere vermuten ließe. Da sind die Zellen in Epidermis, in Chlorophyllgewebe ähnlich wie die Palisaden der Laubblätter angeordnet, und sogar Spaltöffnungen auf den Blättern stellen sich ein.

So regt schon der Bau der Moospflanze zum Nachdenken darüber an, woher dieses seltsame Zwitterwesen höherer und einfachster Gestaltung seinen Ausgang genommen habe.

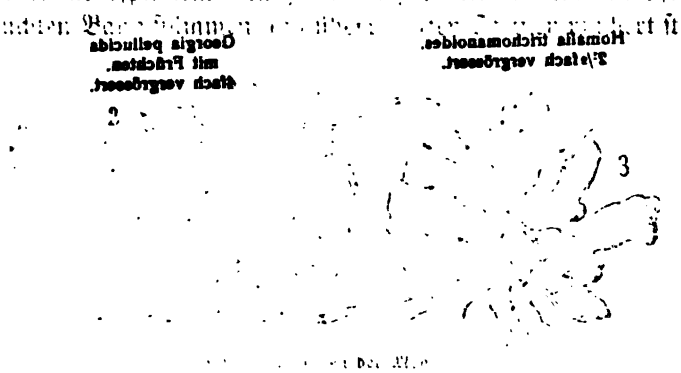
Das „goldene Frauenhaar" (Polytrichum commune).
Riesig entwickelter Rasen aus dem Tegernseer Urwalde, verkleinert.
(Originalaufnahme von H. Dopfer-München.)

Nun bestätigte auch die eingehendste Forschung den erstgewonnenen Eindruck, daß Leber- und Laubmoose gar wenig Zusammenhänge miteinander aufweisen. Dagegen verschafft bessere Bekanntschaft mit Moosen alsbald das Vergnügen, Übergänge vom Algen- bezw. Flechtenthallus zur höheren Sproßgestalt, zum Kormus der Laubmoose, zu entdecken. Eine für den Studierenden der Botanik in dieser Hinsicht wahrhaft klassische Pflanze ist das Lebermoos Blasia pusilla, das hier im Bilde vorgeführt wird, weshalb nähere Beschreibung überflüssig ist. Blasia ist in Hohlwegen entlang feuchter Waldwege unschwer zu erlangen und sollte von jedem Naturfreund einmal gesucht werden. Ist es doch so recht ein Markstein der Entwicklung, weil hier aus einem bloßen Lappen die Selbstgestaltung der Pflanze zum erstenmal bei einer auf dem Lande lebenden Pflanze den Anlauf zur Abgliederung von Blättern nimmt, die sie als Plagiochila (Bild S. 476), wenngleich noch immer auf der bescheidenen Organisationshöhe eines Lebermooses, doch schon in schönsten Formen von sich breitet. Dabei kann dieselbe Pflanzengruppe, wenn ihre Angehörigen im Wasser leben, auch wieder zu so algenhafter Gestaltung herabsinken, wie das zierliche Plattmoos (Riccia fluitans und Ricciocarpus natans), das jeder Anfänger der Mikrologie einmal für eine Alge gehalten hat, wenn er es am Teichrande schwimmen sah. So ist es um den ersten sehr lehrreichen Punkt bestellt, der an den Moosen in allgemein botanischer Hinsicht interessiert.

Nun sind das allerdings bloße gestaltliche Übereinstimmungen zwischen Algen und Lebermoosen, wie sie durch gleiche Lebensweise geprägt zu werden pflegen, die

aber für die [illegible] wahrer [illegible] nichtssagend sind. [illegible] wahrscheinlich machen will, daß [illegible] höher entwickelte Algen und [illegible] Vorläufer von Farnkräutern sind [illegible] ihnen also eine geradezu erd[illegible] Bedeutung [illegible] will, müßte man [illegible] Beweise als solche Analogien [illegible].

Man [illegible] zu diesem [illegible] wissen, daß die Moose nicht [illegible] aus ihren [illegible] einer Algenform dahinleben, [illegible] Vorkeime [illegible]. Solche Vorkeime haben [illegible] einer [illegible] Alge, mit denen sie in älte[illegible] oft verwechselt [illegible] Bild). In die Erde entsenden [illegible] während die [illegible] Vorkeim zweig als dichter Rasen den [illegible] überspinnen. An [illegible] Blumentöpfen, [illegible] feuchten [illegible] stets ein[illegible]



[illegible] Moosvorkeime [illegible] betrachten [illegible] versäumen [illegible] Lebermoose, [illegible] wandten der [illegible] ansehnliche [illegible] manche der Laubmo[illegible] die [illegible] moose (Sphag[illegible] orgia oder [illegible] Steinmoos (A[illegible]

[illegible] dagegen ihren Vorkeim als flächig [illegible] an Algen erinnern, so rufen diese dem Pflan[illegible] vor Augen.

[illegible] überhaupt die botanische Wichtigkeit der Moosvorkeime, [illegible] der Richtigkeit des jedem Gebildeten geläufigen biogenetischen Gesetz[illegible] [illegible]enen Forscher Anhaltspunkte [illegible], daß die Moose einmal ein alg[illegible] durchgemacht haben.

Die biologische Bedeutung [illegible] interessant als [illegible] [illegible]geschichtliche". Sie sind ein [illegible] von höchster Leistung [illegible] man sich durch einen [illegible] Versuch leicht überzeugen kann. Es [illegible] Rasen der [illegible] ganz gewöhnlichen Bartmoose (Ba[illegible] [illegible] oder [illegible] seinem Wurzelfilz in einer feucht gehaltenen [illegible] Tage [illegible] legen, um einen ganzen Wald neuer Moos[illegible] [illegible] macht das die Moospflanze? Sie entwickelt [illegible] [illegible], und diese erzeugen kleine Blattknospen [illegible] und Fortpflanzung der Laubmoose [illegible] Fig. 4B stellt dort eine solche Knospe stark [illegible] neue Moospflanze; ein einziger Vorkeim erzeu[illegible]

Der Aufbau der Laubmoose.

KOSMOS
STUTTGART

UNIV.
OF
MICH.

Dutzende, und schon dadurch wird es verständlich, warum Moose immer gesellig wachsen, wieso sie rasenbildend auftreten können und wie es möglich war, daß sie ganze Länder mit einer Moossteppe überziehen konnten! Sie sind von einer fast unbeschränkten Vermehrungskraft, daher unverwüstlich, wie der Landwirt seufzend bekennt, wenn durch Nachlässigkeit eine seiner Wiesen „moosig" wurde, was Versumpfung und Verdrängung des Graswuchses bedeutet.

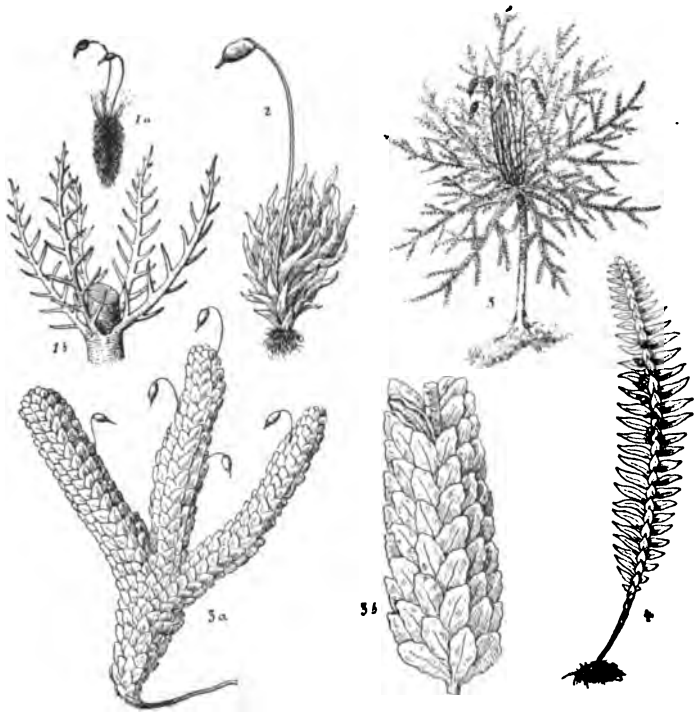
C. Correns hat diese alle anderen Pflanzengruppen überbietende Vermehrung der Laubmoose durch Stecklinge und Brutknospen neuerdings studiert. Dadurch aufmerksam gemacht, überzeugt man sich staunend, wie rasch sich Laub- und Lebermoose durch allerlei Ableger und Brutknospen vermehren können. Eine Abbildung und Beschreibung dieser Gebilde findet der Leser schon in Bd. II, S. 464 dieses Werkes; hier möchte ich noch nachtragen, daß man eine sehr eigenartige Brutlinsenbildung beobachten kann an einem auf Baumstümpfen und in Erlenbrüchen stets auf morschem Holz wachsenden, also unschwer zu entdeckenden, hellgraue Rasen bildenden Moose, das man Georgia pellucida (L.) Rab. nennt (Bild: Tafel Fig. 3A—B, auch Farbentafel). Die vorhin genannte Tafel bildet sie auf Fig. 2 mit ihrem Hüllkelchlein ab, auf Fig. 3C aber eine der Brutlinsen stärker vergrößert. Diese fallen leicht ab, werden vertragen, bilden Vorkeime, und aus diesen sprießen neuerdings Moospflanzen.

Es sind also die Moose das klassische Beispiel von Regenerationsfähigkeit in der Pflanzenwelt. Etwa das, was die Plattwürmer im Tierreiche darstellen. So, wie man einen Strudelwurm beliebig zerstückeln kann und damit nur erreicht, daß die Teilstücke zu ebensovielen ganzen Tieren heranwachsen, ergänzen die Moose als botanisches Gegenstück sich fast aus jedem Teil zum Ganzen. Jedes Blättlein kann zu Protonemen auswachsen; abgeschnittene Blätter erhalten sich, und viele Arten, so z. B. das nicht ganz häufige Moos sandiger Wälder, Buxbaumia aphylla L., umstricken sich spontan mit dichten Filzen von Vorkeimen. Diese sprießen aus den Randzellen der Blätter, als ob die Pflanze den Lebensdurst nicht mehr zügeln könnte, mit dem sie ihre Schwäche durch Zahl zu ersetzen sucht.

Verfolgen wir nun nach diesem interessanten Blick auf die Lebenskraft der Moose den Aufbau und Lebensgang eines einzelnen derartigen Pflänzchens. Es ist ein entzückendes Kleinod, so ein zartgrünes Ding, wenn man sich die geringfügige Mühe nimmt, es von einem Spaziergang nach Hause zu bringen, fein säuberlich aus dem Rasen herauszupräparieren und dann unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrößerung zu betrachten. Wie zierlich geformt, wie vielgestaltig sind allein schon die Blätter! Sie sind fast nicht weniger mannigfaltig als ihre gleichnamigen Gefährten in der großen Pflanzenwelt. Wie nett sind sie angeordnet bei beblätterten Lebermoosen, wie reizend verzweigen sie sich bei den großen Waldmoosen, den Thuidium, Hylocomium-Arten, von denen eine der schönsten (Th. tamariscinum) auf der beigelegten Farbentafel zu sehen ist. Schössen die Fiederchen und Wedel wie das Dickicht der Moosrasen in der Größe von Waldbäumen auf, so würden sie an Adel und Abenteuerlichkeit der Formen alles Daseiende übertreffen. Oft sieht man im Walde auf abgesägten Baumstümpfen kriechende Moose von so vollendeter Kunstform, daß es unbegreiflich ist, warum die Künstler die Ornamentik noch nie mit solchen Motiven bereicherten. Die eigentliche Heimat der Moose scheint übrigens der tropische Regenwald zu sein, denn dort gedeihen sie in einer

ausschweifenden Maßlosigkeit, im Gestalten von höchster Bizarrerie, welche die heimischen Moosfreunde sicher ganz „unmooshaft“ berühren, was sie an den beigelegten Schaustücken fremdländischer Moose ermessen mögen.

Und alles das geht durch zielbestimmt gerichtete Zellteilung und Wucherung aus dem algenartigen Vorkeimfaden hervor, durch eine Scheitelzelle, die das Wachstum lenkt. Dies ist nach den neueren Erfahrungen der Pflanzenpsychologen nicht nur bildlich zu verstehen, weil der Vegetationspunkt durch mancherlei verrät, daß er ein Intelligenzzentrum der Pflanze darstellt.



Tropische Moose.

1 = Fabronia sphaerocarpa aus dem Kamerungebirge. 1a = natürl. Größe, 1b = Blätter 30mal vergrößert. 2 = Daltonia contorta (5/1) aus Ceylon. 3 = Distichophyllum spathulatum, in natürl. Größe (3a) und 5fach vergrößertem Stengelstück (3b) aus Sumatra. 4 = Cyathophorum bulbosum, in natürl. Größe aus Ostaustralien. 5 = Hypopterygium Thouinii, in natürl. Größe aus Chile. (Nach Brotherus.)

Wenn man bewandert ist in der Pflanzenmorphologie, so erkennt man leicht, daß die Gestaltungsgesetze der Moospflanze keine anderen sind wie die der Blütenpflanzen. Es ist bei den Laubformen ein Moosstamm vorhanden, der rund oder eckig, zymös (trugdoldig) oder razemös (traubenförmig) verzweigt ist, auch Ausläufer entsendet wie irgendein Gras, die wagrecht fortwachsen, sich dann bewurzeln und aufrichten, um ein neues Moos hervorzubringen. Die Blätter lassen gleich denen der höheren Pflanzen Niederblätter, Laubblätter und auch biologische Funktionen besitzende Hüllblätter um die Geschlechtsorgane unterscheiden, so daß man mit Recht von einer Moosblüte reden kann.

Und das alles lebt in den kleinsten Maßen und, wie der Anatom bestätigt, auch mit den einfachsten Hilfsmitteln. Dies zu untersuchen, ist so anziehend wie wenig Dinge in der Botanik. Überall bereitet sich eben in dem Moos die erste Stufe eines werdenden Höheren vor.

Daß die Blätter der Laubmoose meist nur aus einer Zellschichte bestehen, wurde schon vorhin verraten. Hinzusetzen möchte ich jedoch, daß sie dadurch das trefflichste Demonstrationsobjekt in der Hand des Lehrers sind, um seinen Schülern den Begriff eines blattgrünhaltigen Parenchyms zu erläutern. Auch Biologisches läßt sich dadurch

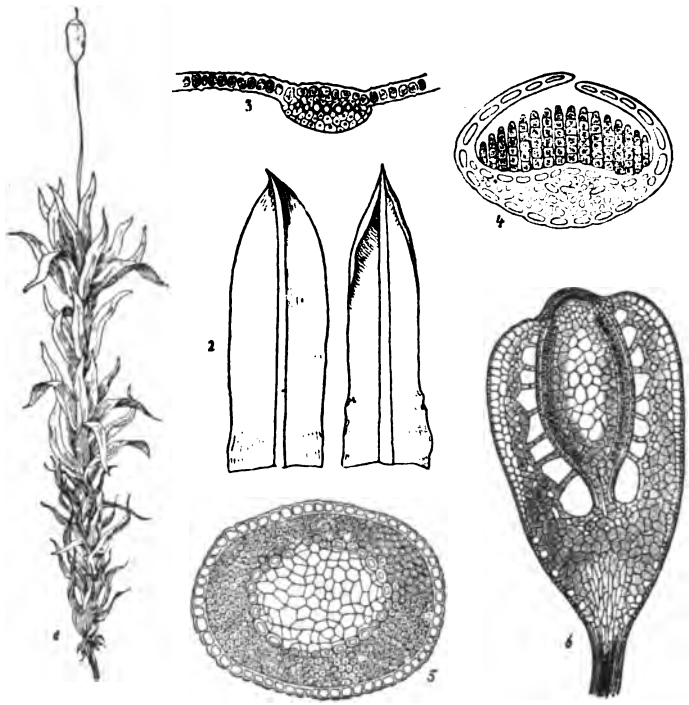
veranschaulichen. Gewisse Laubmoose aus den Gattungen Polytrichum, Aloina, Pottia, Crossidium u. a., von denen das Frauenhaar am leichtesten zu beschaffen ist, vergrößern ihre Assimilationsoberfläche, indem sie Zellfäden auf der Längsrippe des Blattes so aufstellen, wie es unsere Abbildung auf S. 482 zeigt. Diese Anordnung, die den Anatomen an eine ganz primitive Palisadenbildung erinnert, hat noch den weiteren Vorteil, daß die zarten, blattgrünhaltigen Teile des Blattes von den derberen Seitenteilen vor Austrocknung geschützt werden können, indem diese sich im gegebenen Moment darüberklappen (s. das Bild). Das Polytrichumblatt ist also ein Rollblatt, wie es sich Xerophyten (vergl. darüber Bd. I, S. 29) unter den Blütepflanzen auch beigelegt haben. Diese Einrichtung ist durchaus zweckmäßig, denn das überaus zarte

Der feinere Bau des Torfmooses (Sphagnum).
1 = Spitze einer lebhaft wachsenden Pflanze, schwach vergr. 2 = Das Zellgewebe eines Blattes, stärker vergr. (Originalaufnahme von H. Dopfer-München.)

Moosblatt würde zu rasch vertrocknen, wenn es sich nicht schützen könnte. So aber haben es gerade die Moose zu wahrer Virtuosität im Ertragen von Trockenheit gebracht, wovon man sich auf jedem Spaziergang überzeugen kann. Sie schrumpfen bis zur Unkenntlichkeit zusammen, nisten verwelkt und verdorrt am sonnigsten Felsen, aber nach einem kurzen Regen quellen sie hellgrün empor, dadurch anzeigend, daß ihnen die überstandene Glut nichts geschadet hat. Ein besonders gutes Beispiel hierfür ist das auf allen Dächern gemeine braune Ceratodon-Moos. Dies gilt aber nur für Laubmoose. Die Lebermoose, und darunter besonders die zartbeblätterten Jungermannien, sind viel empfindlicher. Sie wagen es nicht, den feuchten Waldschatten, ihren Lieblingsaufenthaltsort, zu verlassen. Höchstens noch in Erdlöchern, Hohlwegen, an schattigen Felsen nisten sie und halten jeden Regen- und Tautropfen fest, den sie mit ihrem ganzen Gewebe aufsaugen. Bei den Torfmoosen (Sphagnazeen*) hat sich die Moospflanze sogar noch

* Auch das Weißmoos (Leucobryum glaucum [L.], Bild S. 492), das auf torfigem Wald- und Heideboden gemeinverbreitet ist, besitzt eine ähnliche Einrichtung.

vollkommenere Einrichtungen geschaffen, um sich ständig mit Wasser zu **versorgen**. Es könnten nämlich diese feinen Gebilde nicht ohne Naß leben; sie müssen sich **immer**=während feucht erhalten und setzen zu diesem Zweck ein sinnreich erfundenes **Pumpwerk** in Bewegung (siehe das Bild). Ihre Blätter entwickeln sich aus zweierlei **Zellen**. Ganz kleine, voll Blattgrün, sind eingestreut zwischen großen, leeren, als „**Wasser**=speicher" dienenden Zellen, deren Wand verdickte Leisten aufweist, und die durch **Poren** miteinander in **Ver**=bindung stehen. **Dem** Gesetz der **Kapillarität** zufolge muß in einer solchen Zellreihe das Wasser weit über den Spiegel des Beckens, aus dem es stammt, empor=gehoben werden, und tatsächlich sieht man auch im hellen Sonnenschein die Torfmoose glitzern. Man kann sie ausdrücken wie einen Schwamm, weil sie strotzend gefüllt sind mit dem Wasser eines Sumpfes oder Weihers, den sie aus=gesogen haben. Auf dieser Eigenschaft be=ruht die Moorbildung, mit deren Schilderung dieser Abschnitt be=schlossen werden soll.



Der Aufbau der Laubmoospflanze.
1 = Wuchs von Trichostomum mutabile Br. 2 = Blätter des gleichen Mooses. 3 = Querschnitt durch ein Blatt des gleichen Mooses mit der Mittelrippe. 4 = Querschnitt durch den Stengel von Ptilotrichidium. 5 = Querschnitt durch ein eingerolltes Blatt von Polytrichum. 6 = Längsschnitt durch eine noch grüne Sporenkapsel von Funaria mit Blattgrünpalisaden, Trichterzellen und Leitbündel. (1—3 = nach Th. Herzog, 4—5 = nach P. Dusén, 6 = nach Haberlandt.)

Wieder anders gebaut sind die Lappen jener Lebermoose, die man als frondose Formen zusammenfaßt gegenüber den foliosen Hepaticae, das heißt Lebermoosen mit wahrer Blattbildung.

In Bd. II, S. 280 ist das bereits beschrieben und abgebildet, und so brauche ich nur darauf zu verweisen, daß bei diesen Gewächsen der Anfang einer wahren Palisaden=bildung gegeben ist, die übrigens in den sogen. Sporenkapseln der Laubmoose wieder=kehrt und dort zu einer Ausbildung gelangt, die auch von den höchstentwickelten Laub=blättern nicht mehr übertroffen wurde. Es sind hier Palisaden, Schwammparenchym= und Trichterzellen vorhanden, die mit einem Leitbündel in Verbindung stehen, kurz, es ist eine anatomische Differenzierung eingetreten, die man bei so einfachen und kleinen Pflanzen niemals vermuten würde. In wunderlichem Gegensatz hierzu ist der Stamm, an dem die Sporenkapseln sitzen, ebenso wie der Stamm, der Blätter trägt, ganz einfach

(vergl. das Bild auf S. 482). Er kommt höchstens zur Ausbildung einer Haut, zur Bildung verdickter Zellringe, um die Tragfähigkeit des Ganzen zu stärken; auch bildet sich ein engzelliger Zentralstrang, den man als rudimentäres Leitbündel aufzufassen pflegt. Aber nie kommt es zu wahren Gefäßbündeln, und streng bleibt diesbezüglich die Grenze zu den einfachsten Farnkräutern gewahrt. So ist die alte systematische Botanik gerechtfertigt, wenn sie zwischen die Moospflanzen (Bryophyta) und alle höheren Pflanzenwesen eine Scheidewand legt und die Farne als Gefäßkryptogamen absondert, trotzdem sie in der Fortpflanzung weitgehende Übereinstimmung mit den Moosen verraten.

Gerade die zwei wesentlichsten Erscheinungen dieser Fortpflanzung stimmen bei Moosen und Farnen überein, nämlich sowohl die Bildung der Geschlechtsorgane als auch der Generationswechsel.

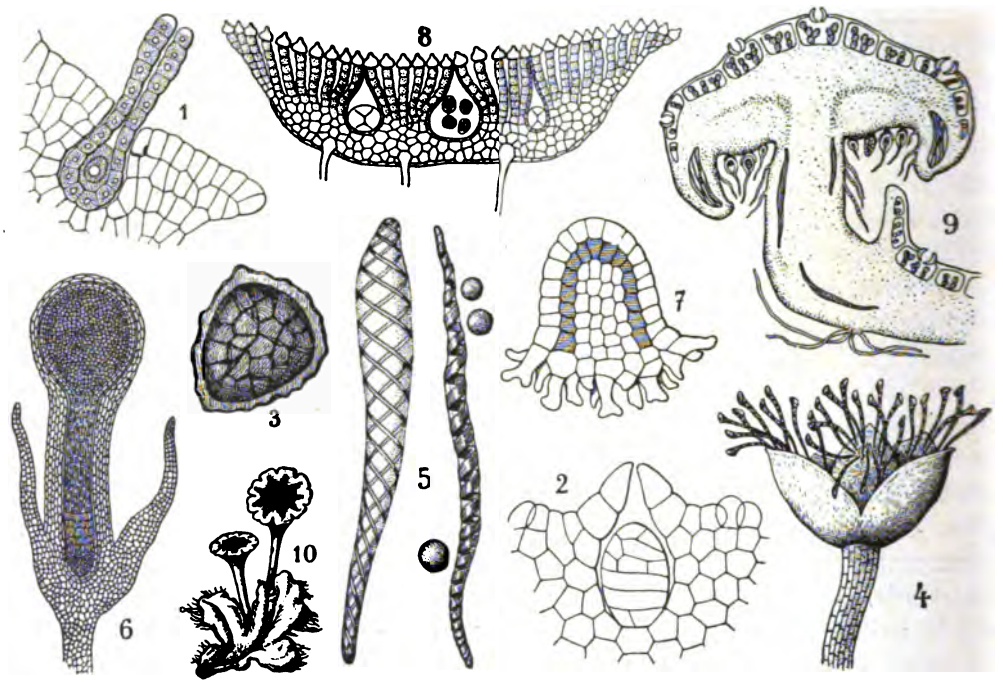
Die Geschlechtsorgane der Lebermoose sind wohl jedem Naturfreund bekannt; denn gerade sie machen erst auf die unscheinbaren lederigen Häute der Marchantien aufmerksam (vergl. Bild S. 476). Im Juni oder Juli entwachsen diesen auf schlankem Stiel Gebilde, die wie ein Hutpilz anzusehen sind. Doch sind nicht alle gleich. Das eine Pflänzchen entsendet welche, von denen Spreiten wegstehen, als ob der Wind den Schirm seines Überzuges beraubt hätte; das andere entwickelt wohlgestaltete Schirmchen. Die letzteren enthalten an ihrer Unterseite die männlichen Geschlechtsorgane, die ersteren dagegen die weiblichen, wissenschaftlich als Antheridien und Archegonien bezeichnet.

Hofmeister und Leitgeb, die seinerzeit in sehr ausführlichen Werken das Geschlechtsleben der Lebermoose beschrieben haben, führten uns damit in eine sehr komplizierte Welt feiner und interessanter Vorgänge ein. Sie in allen Einzelheiten wiederzuerzählen, wäre schonsdeshalb unnütz, da Einzelheiten die Erkenntnis des Wesens einer Sache stets erschweren. Das Wesen der Sache aber erkennt man hier am besten, wenn man die einfachsten Lebermoose, das sind die Plattmoose (Ricciazeen), daraufhin untersucht. Deren Geschlechtsteile sind in das Lager eingesenkt und enthalten nicht mehr, als im weiblichen Organ eine Eizelle, die in einem zelligen Kelch mit langem Halse sitzt, im männlichen Organ aber eine Antheridiumzelle, die auch mit einer zelligen Kapsel umschlossen ist, wodurch das Ganze wie ein Stiftchen hervorsteht (s. das Bild). Die männliche Zelle bildet Samenfäden, die eine Befruchtung ausführen in der Art, wie das dem Leser dieses Werkes schon von den Algen her geläufig ist. Diese einfachsten Verhältnisse verwickeln sich, indem Antheridien und Archegonien auf besondere Blütenstände (Infloreszenzen) zusammentreten, auch besser ausgestattet und gesichert sind. Das Endergebnis bleibt aber bei einfacher oder glänzender Zurichtung doch stets dasselbe: es bildet sich eine Frucht, die man in der Sprache der Mooskundigen Sporogon nennt, und die von ganz besonderer Bedeutung ist.

Sie stellt nämlich nichts weniger dar als eine neue Pflanze, die jedoch von abweichender Gestalt ist, sich auch von der ersten Generation nicht trennt, sondern mit ihr in gewissem Maße verwächst (Fig. 6 der Abbildung auf S. 484). Die herzigen gelben oder fuchsroten Käpselchen, die auf schlankem Stiel oft so zahlreich über den Moosrasen schwanken, daß es im Walde schon von fernher darüber goldig schüttert, diese Sporenkapseln, denen das goldene Frauenhaar seinen Namen verdankt, sie sind nicht nur „Moosfrüchte", sondern umschließen auch eine ganz neue Moospflanze, die ihre Sporen als feines Pulver (vergrößertes Bild Fig. 3 auf S. 484) erzeugt.

So wechseln stets zwei Generationen, eine geschlechtliche und eine ungeschlechtliche, miteinander ab, von denen für gewöhnlich aber nur die erstere voll entwickelt ist, während die ungeschlechtliche sozusagen als Parasit der ersten, in ihr eingeschlossen, auf ihr lebt.

Das ist es nun, was sich Schule und Bildungsdurst durch die Betrachtung der Moose leicht einprägen und erläutern kann. Daß die höheren Pflanzen ihren Entwicklungsgang in zwei Abschnitte, in zwei Generationen, zerlegen, die notwendig auf-



Bau, Geschlechtsorgane und Generationswechsel der Lebermoose.
1—2 = Die einfachsten Archegonien (1) und Antheridien (2, unentwickelt) von Riccia. (Nach Hofmeister und Kny.) 3 = Spore von Riccia. 4 = Sporenkapsel von Frullania geöffnet mit den Elateren. 5 = Stark vergrößerte Schleuderzellen von Lebermoosen. 6 = Sporophyt von Pellia, 20 mal vergrößert. 7 = Embryo von Anthoceros. 8 = Querschnitt durch das Lager von Riccia mit reifen Sporen. 9 = Querschnitt durch den Thallus und einen weiblichen Blütenstand von Marchantia mit Atemhöhlen und Archegonien. 10 = Antheridienstand von Marchantia in natürl. Größe. (3—10 nach K. Müller, Die Lebermoose. 1906.)

einanderfolgen, von denen jedoch die eine immer mehr verkümmert, je höher sich die Pflanze im Lauf der Erdgeschichte entwickelt. Bei den Tangen (vergl. S. 297) sind Geschlechts- und ungeschlechtliche Generation noch gleichentwickelt, bei den Moosen ist die geschlechtliche überwiegend, bei den Farnen tritt sie sehr stark zurück und stellt nur einen Vorkeim dar, bei den Blütepflanzen ist sie noch mehr zusammengeschrumpft und beschränkt sich auf wenige Zellgruppen, die in der „Blüte" eingeschlossen sind. Aber Generationswechsel ist dem Prinzip nach auch im Entwicklungsgang jedes Baumes und jeder Blume da, und daß er sich von den Algen bis zu den Blütepflanzen durchgängig im ganzen Pflanzenreiche findet, ist eine Erkenntnis von ganz großer Tragweite. Denn sie bedeutet nichts anderes, als daß alle Pflanzen von gemeinsamen Formen abstammen, mit anderen

Berühmte Moosforscher.

Johann Hedwig †

Prof. Dr. K. E. Goebel — Dr. Gg. Roth

Adalbert Geheeb

KOSMOS GESELLSCHAFT DER NATURFREUNDE STUTTGART

UNIV. OF MICH.

Worten, daß so, wie der Mensch der Abkömmling einfacherer und niederster Tiere ist, auch die Blütepflanzen die Deszendenten von Farnen und noch einfacheren Sporenpflanzen, die im Wasser lebten, sind.

So können wir nun aus dem Studium der Moose reiche botanische Kenntnisse von allgemeinem Werte ernten. Weil die Farne ihr Geschlechtsleben durch Archegonbildungen ganz ähnlich einrichteten wie die Moose, muß man wohl beide als zusammengehörig betrachten, und das gemeingebräuchliche Englersche System hat sie denn auch zusammen als 11. Abteilung der Archegoniaten den einfacheren Pflanzen angegliedert. Nur muß man sich dabei vor Augen halten, daß die beiden insofern eine gegensätzliche Entwicklung eingeschlagen haben, als bei den Moosen der Gametophyt, d. h. die geschlechtliche Generation, die eigentliche Moospflanze darstellt, während es bei den Farnen der Sporophyt ist, den man als Farnpflanze gemeiniglich kennt.

Daß aber die Moose einen gewaltigen Aufschwung des Pflanzenorganismus bezeichnen, der das beschränkte Leben der Lagerpflanzen weit überschritt, dafür sind uns in ihrer Anatomie, vor allem in ihrer Blattbildung, in den Leitbündeln und Spaltöffnungen mehr als genügende Belege bekanntgeworden.

Damit kann man von den Ausblicken wieder zur eigentlichen Mooskunde zurückkehren. Noch kennen wir Bau und Leben des Sporogons nur andeutungsweise.

Bei den Lebermoosen geht aus der Eizelle im Archegon gewöhnlich eine gestielte Kapsel hervor (Fig. 6 auf S. 484), die sich nicht selbst ernähren kann, sondern auf dem Gametophyten schmarotzen muß. Der sich entwickelnde Embryo (Fig. 7 auf S. 484) treibt daher wahrhaft Zotten, mit denen er so Nahrung saugt, wie der menschliche Embryo aus dem Mutterkuchen. Überhaupt kann man das Verhältnis von Moos und Mooskapsel am besten mit dem einer Mutter zu ihrem noch ungeborenen Kinde vergleichen. So, wie dieses schon die neue Generation darstellt und doch noch mit der Mutter vereinigt ist, hängt auch die Mooskapsel als ein neues Wesen vom alten ab. Die Kapsel der Lebermoose ist sehr einfach; rund, oval, walzenförmig bildet sie im Innern Sporen (Fig. 3 auf S. 484), verwittert dann wie bei den Riccien oder öffnet sich mit einem Deckel wie bei Marchantia. Sie bildet auch vier Klappen aus (Jungermanniazeen [Bild siehe S. 484]), oder sie ist schotenförmig, wie bei dem Lebermoos Anthoceros laevis und punctatus (Bild S. 491), das auf feuchten Stoppelfeldern zu finden ist und den Naturfreund auch noch mit der Besonderheit überrascht, daß seine Kapselwand wohlausgebildete Spaltöffnungen trägt. Hierdurch gibt sich wieder eine neue Erfindung der Pflanze kund, die noch keinem ihrer Vorfahren geglückt ist. Der Botaniker ist ohnedies verwundert, hier im Unscheinbaren und Winzigen eine ganze Vorschule der Fruchtbiologie zu entdecken. Denn was sind diese Kapseln, Klappen und Schoten anders als bescheidene Anfänge dessen, was die Blütenpflanzen mit reichsten Mitteln hervorzubringen wissen!

In dem Sporogon der Lebermoose findet sich übrigens noch eine ganz besonders fesselnde biologische Eigenheit. Es ist zwar keine neue Erfindung, denn schon auf sehr einfachen Daseinsstufen als Schleimpilz hat das pflanzliche Plasma Schleuderzellen hervorgebracht, deren Elastizität in den Dienst der Sporenzerstreuung gestellt ist (vergl. darüber S. 384 und die Tafel der Schleimpilze). Solche Elateren sind auch bei vielen Lebermoosen vorhanden als lange Fäden, die häufig an der inneren Kapsel-

wand so angewachsen sind, wie Fig. 4 auf S. 484 dies an der geöffneten Kapsel der gewöhnlichen Frullania zeigt. Diese Schleuderzellen sind ihrem Ursprung nach nichts anderes als ganz absonderlich entwickelte Sporenzellen. Sie strecken sich in die Länge und wandeln einen Teil ihres Plasmas in 1—4 spiralige Bänder um (Fig. 5 auf S. 484). Dies ist ein Beweisstück von unschätzbarem Werte für den denkenden Naturforscher. Wenn einzelne Zellen spontan derartige Umwandlungen ausführen können, ist damit doch die teleologische Betätigung der Pflanzenzellen ohne weiteres als Tatsache erwiesen! Denn bedürfnismäßig ist diese Elaterenbildung im höchsten Grade. Die Schleudern sind hygroskopisch; sie schnellen auf und säen dadurch die Sporen aus; sie halten aber die Sporenmasse auch locker und — was das Merkenswerteste ist! — sie verstreuen die Sporen nur bei trockener Witterung. Bei feuchtem Wetter sind sie nicht elastisch; die Sporen würden dann in unmittelbarer Nähe der Kapsel niederfallen, entweder nicht keimen können oder mit der Mutterpflanze in Wettbewerb treten. Bei heiterem Wetter verstreut, gelangen sie dagegen von vornherein in einen weiteren Umkreis und haben noch die Möglichkeit, gleich durch den Wind in fernere Gefilde zu reisen.

Das weist eine hübsche neuere Arbeit von H. Kammerling über den Bewegungsmechanismus der Lebermooselateren nach. Damit ist jedoch noch nicht erschöpft, was uns diese merkwürdigen Gebilde zu sagen haben. Ich habe vor 16 Jahren im „Botan. Zentralblatt" Bericht erstattet darüber, daß die Schleuderzellen von Marchantia genau so gebaut sind, wie die Samenfäden vieler Tiere und die Fäden, aus denen sich nach den neueren Untersuchungen das Protoplasma aufbaut.

Außer den bekannten Spiralbändern enthalten sie noch einen Längsschlauch. Das spricht dafür, in ihnen ein von der Natur selbst fixiertes Musterbeispiel der feineren Anatomie der Zelle zu sehen, und so empfiehlt sich dieses Studienobjekt heute ganz besonders, da wir ohnedies wieder vor einem neuen Aufschwung der Zellenkunde stehen. Haben doch die jüngsten Untersuchungen von Bonnevie im „Archiv für Zellforschung" (1908) nachgewiesen, daß auch die Chromatinfäden der tierischen und pflanzlichen Zellkerne in derselben spiraligen Weise gebaut sind, was wieder für die Vererbungslehre von großer Wichtigkeit ist. Und man wird von vornherein zugeben müssen, daß eine Zelle sich nie in solche Formen umbilden könnte, wenn diese nicht ihrer inneren Struktur gemäß wären, wodurch es erklärlich ist, daß dieselbe Spiralbänderform sich auch bei den Elateren der Schleimpilze einstellt. (Vergl. Tafel Schleimpilze.)

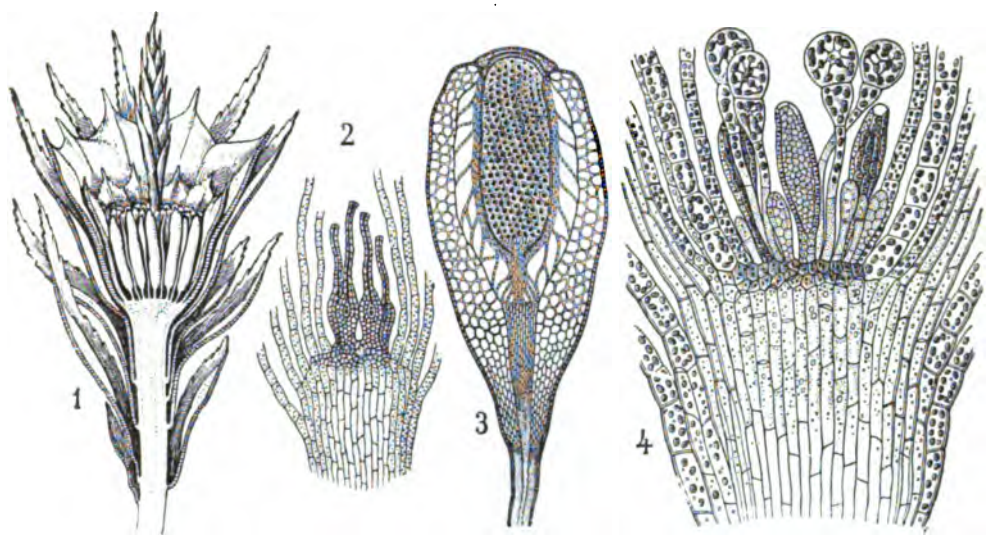
Diese wunderbaren Einrichtungen sind wieder nur ein Vorspiel dessen, was die Laubmoose zur Sicherung ihrer Kapselfrucht zurüsten. Einem Mooskenner muß das sehr geläufig sein, denn — wie schon erwähnt — nach der feineren Gliederung der Mooskapseln unterscheidet man die Gruppen, Gattungen und Arten dieser Gewächse.

Daß die Laubmoose blühen, ist eine in den weitesten Kreisen unbekannte Tatsache, trotzdem diese Blüten gar nicht so verborgen sind, wie es die Zuteilung der Moose zu der einstigen Gruppe der verborgenblütigen Pflanzen (Kryptogamen) erfordern würde.

Namentlich das häufige und bis drei Dezimeter hohe Frauenhaar blüht im Mai oder Juni sogar so auffällig, daß es niemandem schwer fallen kann, sich in das Wesen einer Moosblüte zu versenken. Ein Teil der Pflänzchen trägt an der Spitze verbreiterte, goldig rotbraun gefärbte Blätter, ein anderer neigt sein Gipfelknöspchen auch knospenartig zusammen. Die einen sind die männlichen, die anderen sind weibliche Blüten.

Dieſe Mooſe ſind alſo getrennten Geſchlechtes*, und ſchon das bedingt, daß ſie in Maſſen beiſammen wachſen. Sonſt könnte bei ihnen Hans nimmer ſeine Grete finden.

Nach außen hin mutet das alles recht anſehnlich an; näher beſehen, ſind aber die Moosblüten doch ureinfach. Man betrachte dazu die beiſtehenden Zeichnungen, ebenſo Fig. 5—8 auf der Tafel: Vermehrung der Laubmooſe. In den männlichen Blütenſtänden ſprießen ſehr einfache Antheridien auf, neben ſaftreichen, haarigen Anhängſeln, die man dementſprechend Safthaare (Paraphyſen) genannt hat, und von denen



Blüten und Sporenbildung der Laubmooſe.
1 = Männlicher Blütenſtand von Polytrichum (7/1). 2 = Weiblicher Blütenſtand von Funaria (100/1). 3 = Längsſchnitt durch die faſt reife Kapſel des gleichen Mooſes mit dem Deckel, den zwei Periſtomkränzen, Ring und dem Sporenſack (25/1). 4 = Längsſchnitt durch den männlichen Blütenſtand desſelben Mooſes.
(Nach Sachs und Heſpe.)

man vermuten kann, daß ſie Feuchtigkeit liefern. Wenigſtens hat man bei den Lebermooſen, wo ſie auch nicht fehlen, ſolches beſtätigt gefunden. An Regentagen öffnen ſich die Antheridien, und — eine Unmenge infuſorienartiger Weſen bringt aus ihnen hervor.

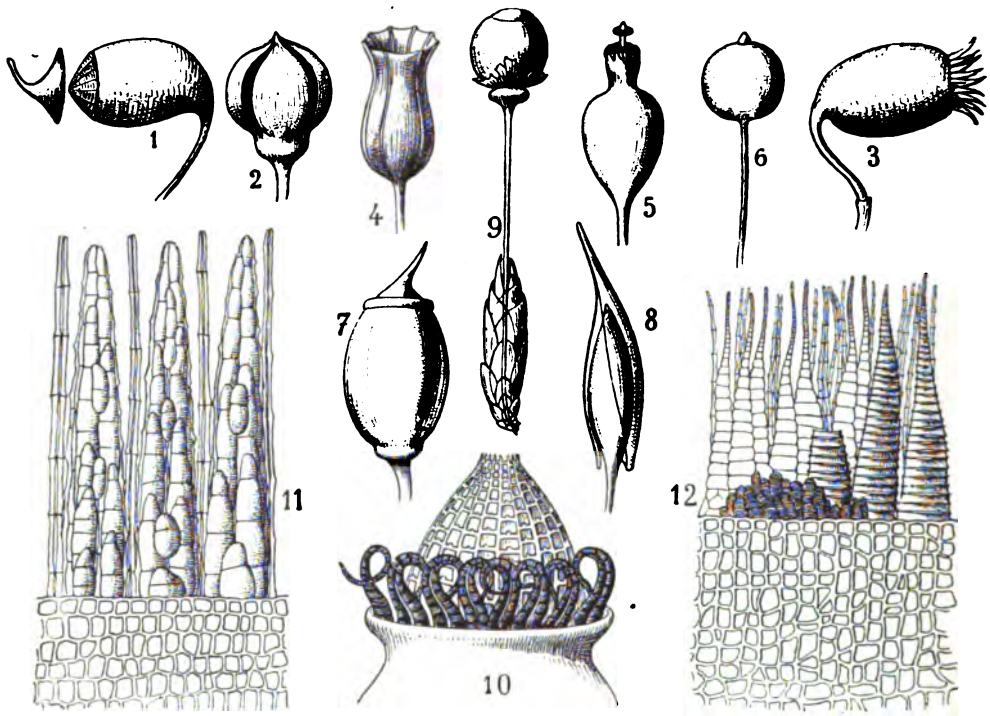
Auch die Mooſe haben nämlich noch Spermatozoiden, wie Volvox oder die Armleuchteralgen und Tange, und das bedeutet dem Denker, daß ſie mit jenen gleichen Urſprungs ſind. Das verſetzt ſie aber auch in eine höchſt unſichere Lage. Sie müſſen im Regenwaſſer zur Nachbarpflanze hinüberſchwimmen, ein ſchwieriges Wageſtück, bei dem ihr Kompaß eine hochgradige Empfindlichkeit für die Säure iſt, die das Moosei abſondert. Von dieſem Geſichtspunkt aus verſteht man erſt, warum gerade die Mooſe ſo reichlich vegetative Vermehrung ausüben.

Die weiblichen Blüten ſind nicht weniger einfach als die männlichen. Geſchützt durch Hüllblätter, ſtehen in ihrem Herzen mehrere nackte Archegonien mit langem Hals; kleine Krüglein (Fig. 6 der Tafel), die das Ei umſchließen. Aus ihm wächſt nach der Befruchtung die neue Generation, d. h. die Sporenkapſel mit ihrem Stiel, hervor. Den Beginn der Zellteilungen und die Art, wie ſich das werdende Sporogon ſtreckt,

* Es gibt aber auch zwitterige, z. B. viele Bryum-Arten, von denen B. inclinatum auf feuchter Erde und Felſen ſehr verbreitet iſt.

habe ich auf der Tafel (Fig. 7 und 8) nach Sachs' Lehrbuch abbilden laſſen, brauche ſie alſo nicht zu beſchreiben. Dagegen fordert die reifgewordene Sporenkapſel wieder das höchſte Intereſſe des Naturfreundes heraus. Sie iſt voll ſinnreicher Anpaſſungen, die entzückende Einblicke in das Innenleben der kleinen Pflanze verſtatten.

Betrachten wir ſie vorerſt von außen. Auf langem, federndem Stiel wiegen ſich goldbraune Urnen, mit einem putzigen Mützchen zugedeckt (Fig. 1 der Tafel und beiſtehendes Bild). Die Mooskunde unterſcheidet daran eine Unmenge Einzelheiten, die



Mooskapſeln und Periſtombildungen.

1 = Schema einer ſich öffnenden Mooskapſel, mit geſchloſſenem Periſtom und abfallendem Deckel. 2 = Klappenkapſel von Andraea. 3 = Kapſel von Grimmia mit geöffnetem Periſtom. 4 = Entleerte Kapſel von Amphidium. 5 = Kapſel von Splachnum, eben geöffnet. 6 = Kapſel von Bartramia. 7 = Geſchloſſene Kapſel von Polytrichum gracile. 8 = Kapſel mit Haube von Leucodon. 9 = Kapſel von Sphagnum. 10 = Periſtombeſatz von Fontinalis (80/1). 11—12 = Periſtombildungen, ſtärker vergr. von Leptohymenium (11) und Hypnum (12). Wo nichts anderes angegegeben, Lupenvergrößerung. (Nach Migula, Sachs, Brotherus und Heſpe.)

wir getroſt weglaſſen können, wenn uns nur das Leben und nicht die Unterſcheidung der Mooſarten anzieht. Dagegen darf uns nicht entgehen, daß die Haube das zarte Sporogon vor Verſehrung ſchützt, weil ſie frühzeitigem Vertrocknen ſo gut vorbeugt wie dem Eindringen der Näſſe, daß ſie aber im paſſenden Augenblick zerſchleißt.

Höchſt lohnend iſt es, auch einen Querſchnitt durch die Sporenkapſel vergrößert zu betrachten. Wie ſie im Längsſchnitt ausſieht, iſt auf S. 487 feſtgehalten; auch erfuhren wir ſchon, wie die Sporenkapſelwand mittels Blattgrün aſſimiliert. Sie beſitzt ſogar Spaltöffnungen. Das ganze Gebilde iſt demnach hochorganiſiert. Es birgt im Innern den Sporenſack, in dem ohne weiteres durch Zellteilungen in großer Anzahl Sporen erzeugt werden, die nach ihrer Reife ſo lufttrocken ſind, daß der Wind ſie geradeſo

leicht verwehen kann, wie den Blumenstaub windblütiger Gewächse. Diese Sporenverbreitung ist jedoch durch feinste Einrichtungen höchst rationell gestaltet und gesichert.

Während man in der Tierkunde fast auf jedermann durch die Erzählung der anziehenden Lebensweise der Tiere wirken kann, leidet die Botanik darunter, daß die stille, unbewegliche Pflanze nichts außer ihrer Schönheit besitzt, was von vornherein die Aufmerksamkeit auf sich zieht. Darum ergänzt sich auch ihr Freundeskreis mehr aus den selteneren sinnigen und ästhetisch angelegten Naturen. Diese werden aber schließlich doch reichlich entschädigt durch die Betrachtung der höchsten Kunst, mit der die Pflanze alles ersetzt, was ihr an äußeren Kraftmitteln abgeht. Sie ersetzt es durch Kombination kleinster Mittel, an denen sich sozusagen jede lebende Zelle ihrer Gemeinschaft beteiligt. Das Tier schuf sich ein Empfindungs- und Urteilszentrum in seinem Gehirn, dem es alle Organe so unterwirft, daß das höhere Tier völlig unfähig wird und meist verloren ist, wenn sein Gehirn Schaden leidet. Zu den koordinierten Fähigkeiten und Bewegungen seiner Organe erhält es allerdings Ganglien mit Nerven aufrecht, die immerhin einige Selbständigkeit haben, weshalb man auch eine besondere Rückenmarkseele annehmen mußte. Durch sie befähigt, können z. B. des Gehirns beraubte Frösche noch nach Fliegen schnappen. Anders die Pflanze. Sie führt wenig Bewegungen aus, die einheitlich gelenkt sein müssen. Da sie keine Muskeln hat, bedarf sie auch nicht der rasche Mitteilungen verbürgenden Nerven noch eines Zentralgehirns. Dagegen muß sie stets bereit sein, mit jeder Zelle eine Anpassungshandlung zu vollführen. Es war also kein Anlaß für sie gegeben, gewisse Zellen so hoch über die anderen herrschend zu entwickeln, wie das Tier es getan hat. Es haben sich vielmehr alle ihrer Zellen etwas Ganglionhaftes bewahrt, etwas Gehirnzellenmäßiges. Die ganze Pflanze erscheint mir, der sich viel über solche Dinge zermartert hat, als ein schwach funktionierendes Gehirn, und das erklärt mir, warum sie, bis zur letzten Zelle herab, erfüllt ist von feinsten, aber dezentralisierten Anpassungen. Sie ist im Psychischen einem Polypenstock vergleichbar.

Ein Paradebeispiel dafür ist, wie die Moospflanze mit Zellenmitteln in geschicktester Kombination eine durchaus rationelle Ausstreuung ihrer Sporen bewirkt. Wie man an dem Bilde auf S. 487 bei näherer Betrachtung erkennen kann, ist die Sporenkapsel oben durch einen Deckel abgeschlossen, zwischen dem und der Kapsel sich noch ein Ring einschiebt. Unterhalb des Deckels befinden sich, meist in zwei Ringen (selten in einem) angeordnet, allerliebst gebildete Zähne (die man als Peristom bezeichnet). Der Deckel wird nun zur Zeit der Sporenreife abgeworfen, indem die unter ihm liegenden Gewebe vertrocknen; der Ring wird jetzt frei, nimmt aus der Luft Wasser auf, schwillt dadurch an und hebt das Deckelchen ab. Nicht alle Moose haben es aber gelernt, auf solche Weise, durch Benützung des „Entwicklungnacheinanders", der Hygroskopizität und der Hebelkräfte, eine solche Lagerung der Zellen von vornherein anzulegen; das Steinmoos (Andraea) kann es z. B. nicht. Seine Sporen werden erst dann frei, wenn die Kapselwand verwest. Und es ist ein Zeichen, daß keine Fürsorge über den Pflanzen wacht, daß sie nicht von vornherein mit solcher Zweckmäßigkeit eingerichtet waren, sondern daß sich diese Eigenschaften erst langsam, stufenweise so entwickelten und vervollkommneten, wie wir die Dampfmaschine oder die primitive Montgolfiere zur Schnellzugslokomotive und zum Zeppelinballon umgestalten lernten.

Der Mechanismus der Sporenkapsel ist aber auch ein trefflicher Beweis gegen die Annahme, daß eine Auslese die zufällig zu einem Ring oder partieller Gewebevertrocknung gelangten Sporenkapseln herrschend gemacht habe, weil diese besser funktionierten. Die Funktion kann nämlich in diesem Fall erst bei der letzten Vervollkommnung eintreten, beruht sie doch auf einem Ineinandergreifen genau aneinander angepaßter Teile. Wenn bloß der eine oder andere vorhanden ist, wenn der Ring nicht genau an passender Stelle eingefügt ist, wird sich nie der Deckel lösen, und keinerlei Nutzen Pflanzen mit solchen Eigenheiten öfter zur Fortpflanzung gelangen lassen als solche ohne diese. Durch Zufall auf einmal hervorgesprungen kann aber der ganze Mechanismus ebensowenig sein, wie sich ein Wertheimschloß, das sich nur mit bestimmtem Schlüssel öffnet, durch Zufall von selbst in altem Eisen bildet.

So schließen sich hier für jedermann, der nur halbwegs unvoreingenommen die Sporenkapsel der Moose betrachtet, sowohl die theistische wie die mechanistische Hypothese aus, und es bleibt ihm nur die eine Annahme, daß die Pflanze mit ihren Kräften sich analogerweise ihre Einrichtungen so geschaffen habe, wie der Vogel sein Nest, die Biene ihren Wabenbau und der Mensch seine tausendfachen Erfindungen.

Eine sehr nützliche Tätigkeit im Mechanismus der Sporenausstreuung entfalten schließlich auch die Peristomzähne. Sie gewähren dem Naturfreunde durch ihre schöne Gestaltung und prächtig leuchtende Färbung viel Genuß, und der Mooskundige muß sie stets untersuchen, da sie als systematische Merkmale verwendet sind. Wie schön und vielgestaltig sie sind, davon mögen die Abbildungen auf S. 488 einen wenn auch schwachen Begriff gewähren.

Ihre biologische Funktion ist auf die Wirkungen der Wasseraufnahme durch die Zellhäute berechnet. Bei trockenem Wetter richtet sich dieser doppelte Wall von Verschlußzähnen so auf, daß die Öffnung der mit Sporen erfüllten Urne frei wird. Der im Winde schaukelnde Kapselstiel erfüllt dann seinen Zweck. Das Sporenpulver verstäubt. Bei drohendem oder eintretendem Regen, d. h. zunehmender Luftfeuchtigkeit, legen sich die Peristomzähne aus physikalischen Ursachen zusammen und hindern die Sporen am Entweichen. Die Pflanze arbeitet hier also eigentlich mit Maschinenzweckmäßigkeiten. So, wie wir in die Konstruktion eines toten, aus Metallegierungen und Eisen bestehenden Apparates die Fähigkeit hineinlegen können, automatisch als Feuermelder tätig zu sein, weil der Sperrhaken, der den aufgezogenen Alarmapparat an der Tätigkeit hindert, wegschmilzt, wenn die Temperatur in einem Raum eine gewisse Zahl von Graden übersteigt; so, wie wir also durch bloße Anordnung von toten Teilen physikalische Gesetze zu einer für uns nützlichen Wirkung bringen, hat auch die Pflanze eine allerdings noch unbegreiflich hohe Gabe, sich auch derartige zwecktätige Automaten zu konstruieren. Diese ersetzen ihr die fehlenden raschen aktiven Bewegungen und Muskelkraft.

Wenn ich diese Gabe unbegreiflich nenne, so soll das allerdings nichts anderes heißen, als daß sie uns ebenso begreiflich oder unbegreiflich ist, wie — daß wir selbst aus noch unerforschter Ursache eine analog nützliche Gabe in uns tragen und in jeder Sekunde nützen.

Mit diesem Blick in die Fernen künftiger Forschung ist, wenn auch in groben Umrissen, etwa alles gesagt, was der Naturfreund und die Schule vom Bau und inneren Leben der Moose heute mit Nutzen verwerten können. Zur Abrundung kann höchstens

hinzugefügt werden, daß man mit großem Geschick aus diesen Kenntnissen ein ziemlich natürlich anmutendes System erbaut hat.

Man sondert die Moose in zwei natürliche Klassen, die etwa parallel laufende Zweige zu sein scheinen und keine Übergänge aufweisen. Das sind die Lebermoose (Hepaticae), so häßlich benannt, weil man die Marchantie früher in den Apotheken verwendete, und die eigentlichen oder Laubmoose (Musci), welche stets eine Gliederung in Stamm und Blätter aufweisen, ihr Sporogon in der oben geschilderten eigenen Weise entwickeln und niemals Schleuderzellen bilden.

Die Lebermoose sucht man wieder in fünf Ordnungen zusammenzufassen, wobei die Ricciazeen, Marchantiazeen noch ganz thallusartig sind. Die sogen. anakrogynen Jungermanniazeen bezeichnen den Übergang zu den beblätterten, den akrogynen* Jungermanniazeen, während die fünfte Gruppe der Anthocerotazeen eigentlich eine Verlegenheitsgruppe darstellt, die man daran erkennt, daß sie Lager bildet, in jeder Zelle nur ein Chlorophyllkorn hegt und ihre Sporogone in Schotenform erhebt. Vertreter aller dieser Gruppen sind reichlich hier im Text abgebildet; wer Riccia, Marchantia, Metzgeria, Blasia, Madotheca und Anthoceros auf ihren inneren Bau untersucht und ihren Lebensgang in einem leicht angelegten Moosgärtlein (Bryarium) verfolgt hat, besitzt genug Kenntnisse, um zu verstehen, was sie für den Werdegang der Pflanzenwelt bedeuten.

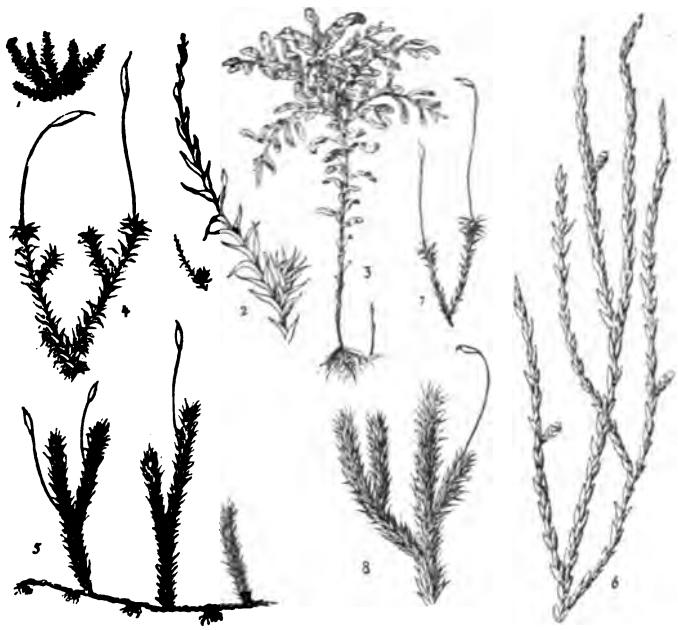
Wichtige und schöne Lebermoose. 1 = Habitus von Anthoceros laevis. 2 = Weibliche Pflanzen von Preissia commutata (1,5:1). 3 = Fegatella conica mit weiblichem Blütenstand (3,5:1). 4 = Riccia fluitans, im Wasser schwimmend (2/1). 5 = Riccia Henriquesii, eine südeuropäische Landform (2/1). (Nach K. Müller.) 6 = Radula complanata (1/1). 7 = Madotheca platyphylla (1/1). (Nach K. Müller.)

Noch einfacher ist die grobe Einteilung der Laubmoose. Vier Ordnungen unterscheidet man darin. Die der Sphagnazeen hat nur eine Gattung: Sphagnum (Bild S. 481), das Torfmoos, aber viele Formen. Sehr einfach organisiert sind die Moose aus der Ordnung der Archidiaceae. Ihre einzige Gattung Archidium (selten an Teichrändern, Bild S. 492) hat keinen Deckel auf der Sporenkapsel, die bei der Sporenreife einfach zerreißt. Auch die Andräazeen, mit der einzigen Gattung des Steinmooses (Andraea), sind primitive Anfänger. Ihre Kapsel springt mit Klappen auf und hat noch keine Spaltöffnungen. (Bild umstehend.)

Tausendgestaltig hingegen ist die letzte Ordnung der Bryinaeen. Das sind die echten und typischen Laubmoose. Alle gemeinen Formen, wie das Bartmoos (Bar-

* bedeutet Archegonien am Scheitel des Stämmchens.

bula, Bild anbei), Ceratodon purpureus und Tortula ruralis (Bild), die herrschenden Moose der Schindeldächer, das Frauenhaar (Polytrichum), das Astmoos (Hypnum Schreberi) der Fichtenwälder, das Tamariskenmoos (Thuidium) und die Brachytezien, das Sternmoos (Mnium, s. das Bild) der feuchten Bergwälder, die auf alten Feuerstellen gemeine Funaria, die so viel Aufschluß über den anatomischen Bau bot, die Wassermoose des Aquarienfreundes, also (nebst Hypnum) das Quellmoos (Fontinalis antipyretica), das Homalion der ebenen Wälder, das gemeine Eichhörnchenmoos (Leucodon, Bild anbei) der Bäume, alle diese guten Bekannten des Waldwanderers gehören in jene Gruppe. Sie werden darin in fast hundert Familien und Tausende von Arten eingeteilt, die zu kennen deswegen keinen allgemeinen wissenschaftlichen oder gar Bildungsnutzen bedeutet, weil sie fast alle die gleichen Erscheinungen an sich tragen.

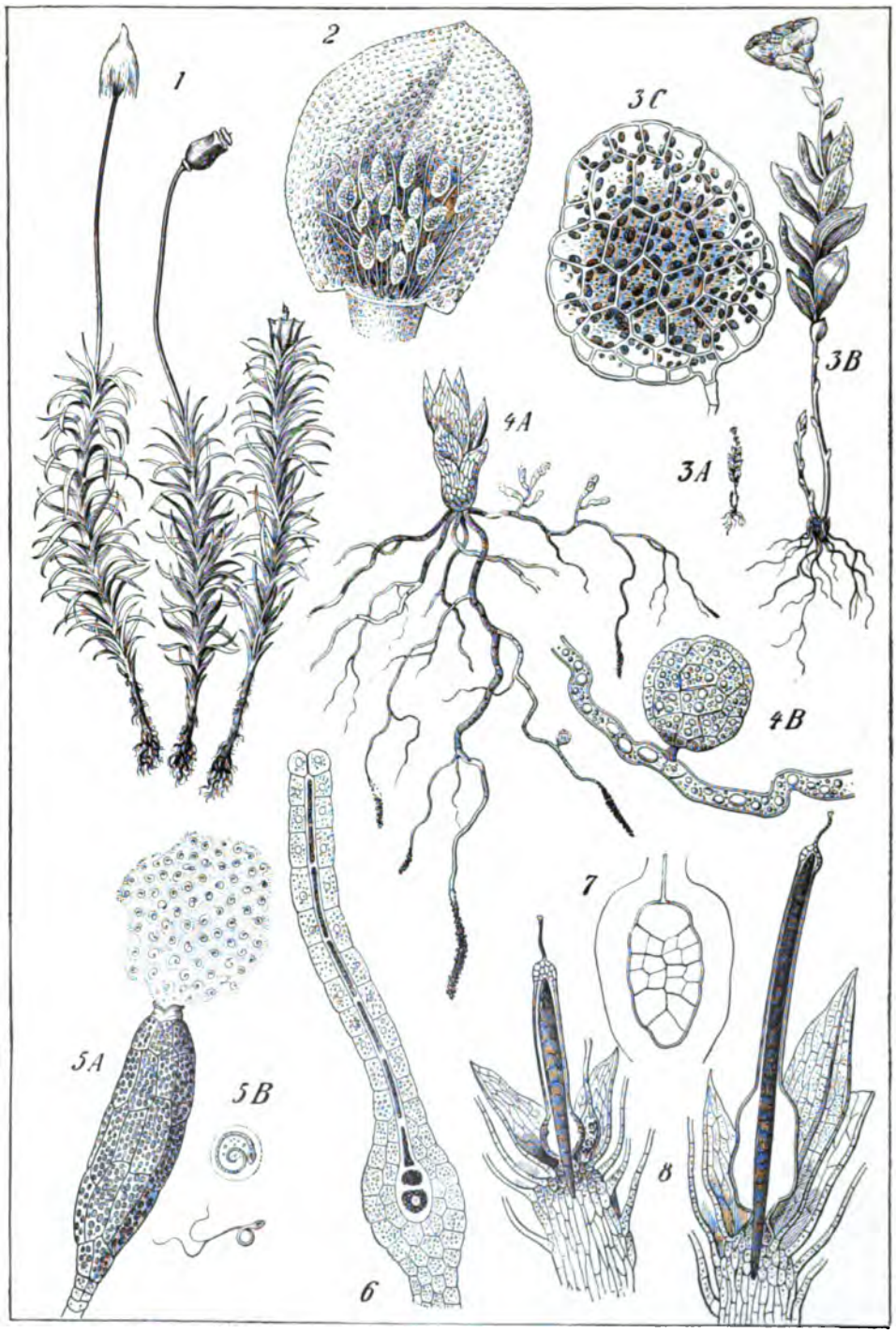


Wichtige und häufige Laubmoose.

1 = Steinmoos (Andraea petrophila). 2 = Archidium phascoides, natürl. Größe und Lupenvergrößerung. 3 = Sternmoos (Mnium undulatum), natürl. Größe. 4 = Hausmoos (Tortula ruralis), natürl. Größe. 5 = Eichhörnchenmoos (Leucodon sciuroides). 6 = Quellmoos (Fontinalis antipyretica). 7 = Bartmoos (Barbula unguiculata). 8 = Weißmoos (Leucobryum glaucum). (Nach Migula.)

Dem Studiosus der Botanik und dem Lehrer ist zu raten, sich genau mit folgenden Formen bekannt zu machen. Er verfolge den Lebenszyklus von Andraea und Polytrichum als des einfachsten und des höchsten Laubmooses, lerne aus eigener Anschauungen Vorkeime kennen und den inneren Bau von Sphagnum; er untersuche Blätter, Kapsel und Rhizoiden an Polytrichum und Mnium, die Brutlinsen von Georgia und die Zweigsysteme von Thuidium, Brachytecium und Hypnum. Dann beherrscht er die Grundzüge der Naturgeschichte der Moose aus eigener Anschauung und wird fruchtbar andere darin unterrichten.

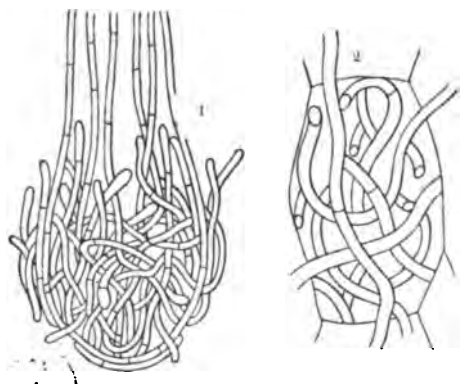
Damit wären die wichtigsten Vorkenntnisse erreicht, und es kann nun versucht werden, die Mooskundigen selbst zu fördern durch den Versuch eines Abrisses der Biologie ihrer Lieblinge. Manches davon wurde ja allerdings schon ins Bisherige eingewebt, weil Gestaltung heute nimmermehr ohne Kenntnis der Lebensweise verstanden werden kann. So zahlreiche Arbeiten haben im letzten Jahrzehnt Aufschlüsse über das Leben der Moose erteilt, daß eine Zusammenfassung dessen nicht ausbleiben kann, wie vor kurzem Oltmanns dieselbe Arbeit in prächtigster Weise für die Algen



Vermehrung und Fortpflanzung der Laubmoose.

leistete. Ich empfehle dieses Thema wärmstens allen bryologischen Freunden meines Werkes und bitte sie, den nachstehenden Abriß einer „Biologie der Moose“ nur als ersten Versuch zu betrachten, der nur anregen und den Weg bahnen will.

Über die Ernährung der Moospflanze haben sich in jüngster Zeit die Ansichten gewandelt. Früher wurde kaum ein Zweifel daran laut, daß sie mit Hilfe ihrer „Adventivwurzeln“ die mineralischen Stoffe ebenso aus dem Boden aufnimmt wie die Blütenpflanze, obwohl das Vorkommen vieler Felsenmoose auf nacktem und unzersetztem Gestein zur Vorsicht hätte raten können, ebenso die gewaltigen Moosbärte auf lebenden und glatten Rinden, wie man sie allenthalben im Gebirge in feuchten Schluchten, namentlich aber um Wasserfälle beobachten kann. Eine große Anzahl von Moosen lebt so als wahre Epiphyten auf Bäumen. Metzgeria furcata überkleidet oft die ganze Rinde an Buchen, Eichen und Tannen, zu deren samtartigem Moosüberzuge am Fuß des Stammes sich mit Vorliebe die Gattungen Mnium und Stereodon, Tortula und Leucodon einfinden.



1 = Rhizoidenende des Lebermooses Calypogeia trichomanis mit eingedrungenen Mykorrhizahyphen. Stark vergrößert. (Nach Garjeanne.) 2 = Zelle von Preissia commutata mit eingedrungener Mykorrhiza. (Nach Golenkin.)

Diese ältere Ansicht von der Ernährung wurde jedoch umgestoßen durch die Untersuchungen von Oltmanns*, später von J. Vaizey**, die nachwiesen, daß die Feuchtigkeit vom Moosblatt aufgenommen und so dem Stengel übergeben wird. Die lagerbildenden Lebermoose nehmen mit ihrem ganzen Vegetationskörper Wasser auf. Darin sind nun natürlich stets mineralische Stoffe gelöst, die aus dem Staube stammen. Es erhebt sich somit die Frage, ob die Rhizoiden nur der Befestigung dienen, wie etwa die der Tange und Flechten. Erleichtert wird die Beurteilung durch eine ausgezeichnete Untersuchung von Haberlandt***, als deren Ergebnis gesichert wurde, daß das Leitbündel im Laubmoosstämmchen nicht das Wasserbedürfnis zu befriedigen imstande sei, so daß es auch wohl nicht das reguläre Werkzeug des Nahrungstransportes darstellt.

H. Paul hat denn auch diese Folgerung gezogen und sich dabei auf die Erfahrung berufen, daß Schistidium auf Kalkfelsen keinerlei chemische Zersetzung hervorbringt, was unausbleiblich wäre, wenn das Moos seinen Mineralbedarf aus dem Erdboden deckte!† Und Szurák, ein jüngerer ungarischer Autor, schließt sich dem mit gleichen Erfahrungen an.††

So ist die wichtige Frage nach den Nahrungsquellen zwar noch nicht den Zweifeln entrückt, aber doch schon der Lösung nahe.

---

* Oltmanns, Über d. Wasserbewegung in d. Moospflanze. (Cohns Beitr. z. Biologie. 1884.)

** J. Vaizey, On the absorption of water. Annals of Botany 1887.

*** G. Haberlandt, Beiträge zur Physiologie und Anatomie der Laubmoose. Berlin 1886.

† H. Paul, Beiträge zur Biologie der Laubmoosrhizoiden. (Botan. Jahrbücher. 1908.)

†† J. Szurák, Adatok Északmagyarország mohaflorájához. (Növ. Közl.) 1908.

Die Wahrheit dürfte in der Mitte liegen. Die Moospflanze bedient sich der hierzu von vornherein geeigneten Rhizoiden und deckt das Manko noch durch die erworbene Eigenschaft der Blätter, Regen und Tau aufzunehmen.

Es hätte sonst für die Pflanze keinen Sinn, sich mit Mykorrhiza-Pilzen zu verbünden, was von K. Müller in seinem sehr dankenswerten Versuche, wenigstens die biologischen Erscheinungen der Lebermoose zusammenzustellen*, mit reichlichen Zitaten für Fegatella und Calypogeia belegt wurde. In einer neueren Arbeit von M. Golenkin (Flora 1902) wird der Wurzelpilz übrigens auch für Preissia, von anderen auch für Jungermannia nachgewiesen, von Goebel in Java für Lepidozia, usw. Anderseits deutet freilich der Umstand, daß man Moose als insektivor bezeichnen konnte, darauf hin, daß ihre Ernährungseinrichtungen nicht stets volle Befriedigung (wenigstens mit Stickstoff) garantieren. Das geht übrigens schon aus ihrer Ansiedlung auf Rinden und dem kärglichsten Boden hervor. Ebenso ist es im Einklang damit, daß die große Mehrzahl der insektenfressenden Blütepflanzen Bewohner von Sphagnum-mooren sind, deren Armut an Pflanzennährstoffen die Anpassungen an Insektenfang den Biologen ohne weiteres als durch „Bedürfnis" nach mehr Nitrogennahrung erklärlich scheinen läßt, obwohl viele von ihnen sonst das Wort Bedürfnis am liebsten aus dem deutschen Sprachschatz streichen möchten, weil es eben den psychistischen Faktor recht durchschaubar in sich hegt.

Stephani** ist für Insektenfang gewisser Moose seinerzeit eingetreten und hat bei der Gattung Physiotium die als Wassersäcke dienenden Blattöhrchen, in denen sehr oft allerlei Kleintiere hausen und auch absterben, in diesem Sinne gedeutet; doch ist die Sache bis heute strittig geblieben und erforderte neuere Experimente.

Auch daran, daß sich gewisse Laubmoose als Saprophyten erwiesen haben, ist wohl bei diesen Gedankengängen zu erinnern. Das bekannte Beispiel hierfür sind die Splachnazeen, die nur auf Kuhdünger leben können und sich daran so angepaßt haben, daß sie mit der zurückgehenden Weidewirtschaft auch aus Deutschland verschwinden, so daß Spl. sphaericum und ampullaceum, zwei der schönsten Moose unserer Flora, nach Migula zwar noch in den deutschen Gebirgen, aber schon selten, Spl. vasculosum dagegen bereits seit vielen Jahren überhaupt nicht mehr aufgefunden wurden.

Die Gesetzmäßigkeiten der Lebensbedingungen, die hier so mit Händen zu greifen sind, haben in neuerer Zeit eine große Zahl von bryologischen Untersuchungen angeregt, die den überraschenden Erfolg hatten, daß wir die Moose nicht mehr ausschließlich als Hygrophyten werten, wie die uns vorangehende Generation. Aus der Erkenntnis der richtigen Lebensweise sind dann natürlich auch ganz andere Einsichten in die Anpassungen der Moose gewonnen worden.

H. Loeske*** hat für die Mooskunde ein ganz neues Blatt eröffnet, als er den Warmingschen Gedanken, die Vereinsbildung der Pflanzen zu beachten, auf die Mooswelt übertrug. Wir haben auch hier das Recht, Hydrophyten und Xerophyten

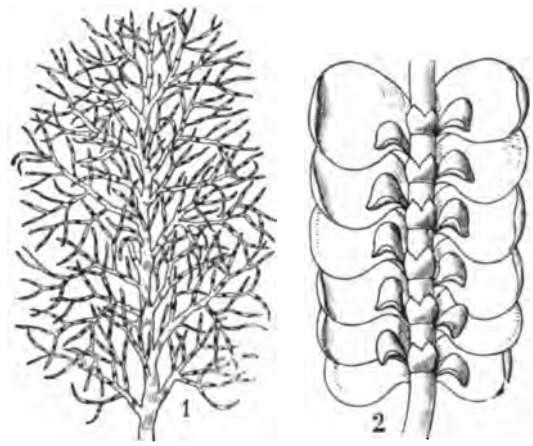
---

* K. Müller, Die Lebermoose (Rabenhorsts Kryptogamenflora). 1907.

** Stephani, Hépatiques insectivores (Revue bryologique. 1886).

*** Loeske, Die Moosvereine im Gebiete der Flora von Berlin. (Verhandl. des botan. Vereins der Provinz Brandenburg. 1900.)

zu unterscheiden, und dadurch ist ein Gesichtspunkt gewonnen, um vieles an ihrer Erscheinung verstehen zu können. Eine solche Anpassung sind z. B. die zilienförmigen Blätter zahlreicher Lebermoose (für welche die abgebildete Astspitze von Trichocolea als Muster dienen kann), die von K. Müller als Einrichtung zur raschen Aufnahme des sonst rasch abfließenden Regenwassers gedeutet werden. Die schönen Studien von K. Goebel*, die den Namen dieses Forschers für die Bryologie unvergeßlich machten, haben uns reichlich Material zu einer derartigen Anpassungskunde geliefert, das wir nur deshalb nicht ausbreiten dürfen, weil sonst der vorgeschriebene Umfang dieses Werkes überschritten würde. Xerophile Anpassungen sind die bereits beschriebenen Rollblätter der Polytrichazeen, solche sind auch die verdickten Zellwände vieler Lebermoose, die Goebel als Wasserspeicher für trockene Zeiten auffaßt. Rollvorrichtungen hat man auch an dem Thallus mancher Marchantiazeen beobachtet, die im südlichen Europa in heller Sonne gedeihen. Die Gattung Corsinia ist so angepaßt, daß sie sogar im Herbar fast ein Jahr lang weiterlebt. Antheroceros-Arten dagegen entwickeln wasserspeichernde Knöllchen.



Hygrophile Anpassungen der Moose.
1 = Astspitze von Trichocolea tomentella (65/1). 2 = Stück von Frullania dilatata, von der Unterseite gesehen, mit Wassersäcken. Schwach vergrößert. (Nach K. Müller und W. Migula.)

Das andere Extrem wird von den hauchzarten Jungermannien verwirklicht, die so typische Hygrophyten sind, daß sie sich nur unter einer Glasglocke kultivieren lassen. Ihre dünnen Blättlein verwelken binnen wenigen Minuten, wenn sie in Zimmerluft von der Sonne beschienen werden.

Eine Sonderanpassung, um sich Wasser zu sichern, muß man daher in den Wassersäcken erblicken, die bei fast 1500 namentlich tropischen Arten der Gruppe bekannt sind. In den Tropen leben zahlreiche Lebermoose mit Flechten und Pilzen gemeinsam als Epiphyllen auf Laubblättern. Sie wandeln mit Vorliebe einzelne Blattlappen zu Wasserbehältern um, indem sie diese einrollen, worauf sie verwachsen und vom Regen gefüllt werden können. A. v. Kerner hat in seinem „Pflanzenleben" diese Blattöhrchen von Frullania dilatata in weiten Kreisen berühmt gemacht durch seine Annahme der älteren Angaben über die Callidina-Rädertierchen, die darin hausen und angeblich in einem symbiotischen Verhältnis zu dem Lebermoos stehen sollen. Nun ist diese Angabe vom Nutzen (durch die Düngung mittels der Exkremente des Rädertieres) für das Moos — wohl mehr vorgestellt, als wirklich beobachtet; jedenfalls ist die hübsche Kernersche Zeichnung falsch, da kein Rädertier seine Wimpern

---

** Goebel, K., Organographie der Pflanzen. II. Teil. 1898.
— Die Blattbildung der Lebermoose. (Flora 1893.)

in die Luft hinausstrecken kann. Es würde dort keine Beute erhaschen. Das Bild ist in manches Schulbuch übergegangen und muß wohl berichtigt werden.

Es darf aber nicht unterlassen werden, an dieser Stelle auf eines der am sonderbarsten angepaßten aller Laubmoose hinzuweisen, das Goebel beobachtet hat. Es ist das Ephemeropsis tjibodensis Goeb. (siehe das Bild), eine geradezu einzig dastehende Pflanze, die auf den Blättern von Farnen und Blütepflanzen niedrige rötliche oder grünliche Filze bildet. Sie entwickelt nämlich überhaupt keine Blätter, sondern nur Protonemafäden, aus denen unmittelbar das ziemlich hoch entwickelte Sporogon hervorbricht nebst kleinen Brutknospen und Hapteren, die das Pflänzchen an seiner schwankenden Unterlage befestigen.

Eine neue ökologische Einteilung der Moose verflechten übrigens in jüngster Zeit die ungarischen Botaniker F. Filárszky und J. Szurák*, und man muß gestehen, daß sie allerdings der Erscheinungen besser Herr wird als die bisherigen. Es wird dabei nach der Ernährungsart zwischen Autophyten und Allophyten unterschieden, wodurch der bei den Splachnazeen sich meldende Hemisaprophytismus gebührend hervorgehoben ist. Innerhalb der ersten Gruppe unterscheiden dann diese Forscher Hygrophyten, Euphyten (worunter sie xerophile und mesophile Moose verstehen) und Arophyten nach Art des Ephemeropsis, das in unserer Moosflora sein Gegenstück in den rindenbewohnenden Frullania-, Metzgeria-, Neckera-Arten usw. hat. Es gewährt diese Einteilung mit wenig Worten tiefen Einblick in die außerordentliche Anpassungsfähigkeit und Lebenszähigkeit der Moose, dessen Eindruck noch verstärkt wird durch die Erfahrung, daß manche Arten, so die gemeine Marchantia oder Funaria, mehreren ökologischen Gruppen angehören und demgemäß sehr variable Erscheinungen der Mooswelt darstellen.

Ephemeropsis tjibodensis, ein blattbewohnendes Moos aus Java. (Nach Goebel.)

Im allemeinen aber darf man wohl behaupten, daß der Wuchs der Moose doch nicht so ganz von ihrem Feuchtigkeitsbedürfnis beherrscht wird, und daß sie dementsprechend nicht so sehr Schatten- als Lichtpflanzen in ihren Reihen zählen. Besondere Untersuchungen darüber, die J. Wiesner neuerdings mitteilt**, belegen das mit interessanten und überraschenden Zahlen. Plagiochila genießt von März bis Mai $\frac{1}{2}-\frac{1}{10}$ der Lichtmenge, Polytrichum $\frac{1}{1}-\frac{1}{22}$, Sphagnum $\frac{1}{1.4}-\frac{1}{14}$, Thuidium tamariscinum $\frac{1}{4}-\frac{1}{14}$, Tortula muralis $1-\frac{1}{3}$. Das Optimum von Polytrichum liegt bei $\frac{1}{8}$. Im allgemeinen wird daher das Innenleben der Moose im Hochwald mehr von Lichtsehnsucht bestimmt werden als von Lichtschutzstrebungen, und dies macht es auch erklärlich, warum eigentlich der Laubwald im Innern der

* Szurák, loc. cit, S. 90—97.

** Wiesner, J., Der Lichtgenuß der Pflanzen. Wien. 8°. 1908. S. 162.

geschlossenen Moosdecke entbehrt und diese sich auch nur im lichteren Nadelhochwald zu dem bekannten mächtigen Teppich verwebt, der von dem Märchenbild des deutschen Waldes unzertrennlich ist.

Von hier aus ist es auch verständlich, daß in Höhlungen und in tiefem Schatten wachsende Moose besondere Reflektoren entwickelt haben, um ihren Lichtgenuß zu erhöhen. Das allbekannte Schulbeispiel hierfür ist der Vorkeim des Leuchtmooses (Schistostega osmundacea), als dessen klassischer und behördlich geschützter Fundort das Felsenmeer der Luisenburg bei Alexandersbad gilt. Dieses zarte, bläulichgrüne, rasenbildende Moos ist eine Schattenpflanze. In Klüften von Sandsteinhöhlen findet es seine besten Existenzbedingungen und stirbt ab, wenn man es grellem Sonnenlicht aussetzt. In zahllosen populären Artikeln und Zeitungsnotizen wurde die Neugierde der Naturfreunde auf das Smaragdlicht gelenkt, das in düsterer Felsenspalte bei gewissen Stellungen des Beschauers aus diesem Moose blitzt, und dem ist es wohl zu danken, daß es eine Zeitlang geradezu ausgerottet schien. Eifrig verfolgt wurde es zweifellos bereits in verflossenen Jahrhunderten, da es keine andere Pflanze (als höchstens Chromulina, vergl. S. 90) gibt, auf die sich die Schatzgräbersagen deuten lassen von dem Blinken des grünen Goldes in den Schlüften der Berge. Eine Umfrage, von mir veranstaltet im Kreise der Deutschen mikrologischen Gesellschaft zum Zwecke des Schutzes dieses „Naturdenkmals", ergab jedoch, daß es noch an zahlreichen Orten in Sachsen, im Wuppertal, Nordböhmen, in der Pfalz, im Thüringerwald* reichlich gedeiht. Um

Die „Luisenburg" im Fichtelgebirge, eine klassische Fundstätte des Leuchtmooses.

* Vergl. Mikrokosmos. 1907. S. 82 u. ff.

jeden Badeort, in den Anlagen und Naturschutzgebieten jeder Großstadt könnte es eine reizende und belehrende Sehenswürdigkeit sein, wenn man es allenthalben so verständnisvoll behördlich schützen würde, wie das im Fichtelgebirge derzeit der Fall ist.

Schistostega erzeugt kein Licht, sondern reflektiert und konzentriert das vorhandene infolge der eigenartigen Ausbildung gewisser Zellen seines Vorkeimes, worüber in Bd. I, S. 107 Bild und Beschreibung zu finden ist. Dem Forscher ist dieses Pflänzchen aber nicht nur deswegen bedeutungsvoll, sondern auch, weil es geradezu ein klassisches Beispiel für die Umkehrung natürlicher Entwicklungsvorgänge ist. In der ausgezeichneten Zusammenstellung von Prof. Goebel über die Resultate des neueren Zweiges der botanischen Wissenschaft, den man „experimentelle Morphologie" nennt*, und der eigentlich einmal nichts anderes sein wird, als die Anwendung der wahrhaft kausalen, d. h. pflanzenpsychologischen Fragestellung auf die Gestaltung der Pflanze, finden sich darüber einige Angaben. Das Leuchtmoos kann nämlich dazu gebracht werden, als vollentwickelte Pflanze zu ihrem Protonemazustand zurückzukehren und sogar ihre Scheitelzelle wieder zu einem Protonemafaden auswachsen zu lassen, wenn man sie genügend schwächt. G. Klebs** hat schon vor vielen Jahren gezeigt, daß man ein Protonema verhindern kann, zur höheren Entwicklung vorzuschreiten, wenn man es in ganz schwachem Lichte kümmern läßt, und Goebel hat nun in seiner Organographie der Pflanzen den Fall beschrieben, daß in Wasser ein Moosvorkeim zu riesiger Größe heranwuchs, ohne Moosknospen zu bilden. Diese Erfahrungen leuchten in das Gestaltungsproblem der Pflanze, und es läßt sich bei diesem Scheine erkennen, daß die Pflanze bei allen Gestaltungen, die sie unternimmt, stets von gewissen Voraussetzungen abhängig ist. Bevor wir diesen Begriff der „formativen Bedingung" untersuchen, soll noch ein besonders lehrreicher Fall solcher Beziehungen dem neuesten Goebelschen Werke entnommen werden. Es handelt sich dabei um Lebermoose, die, wie man seit längerem weiß***, in sehr hervorragendem Maße befähigt sind, bei Verletzungen in glücklicher Weise sich den weiteren Bestand zu sichern. Schneidet man ihr Lager entzwei, so bilden sie eine Menge sogen. Adventivsprosse, wie solche auf beistehendem Bilde gezeichnet sind, und zwar nicht nur aus dem Thallus, sondern merkwürdigerweise sogar aus abgeschnittenen Blütenständen (vergl. das Bild). Sie bilden sich mit Vorliebe entlang der Mittelrippe des Thallus, wo die Baustoffe der Pflanze geleitet werden.

Es ergibt sich auch, daß bei solchen Verletzungen die Baustoffe veranlaßt werden, ihre Strömungsrichtung an die neugeschaffene Sachlage anzupassen, um die Bildung von Sicherungsmitteln des Weiterbestehens zu veranlassen.

Die experimentelle Morphologie, mit anderen Worten: die botanischen Institute von Heidelberg und München, wo diese Forschungsrichtung vorzugsweise gepflegt wird, beschränken sich darauf, mit zahllosen, höchst interessanten Versuchen solcherart die Bedingungen dessen zu beschreiben, was sie beobachten. Das ist sehr dankenswert,

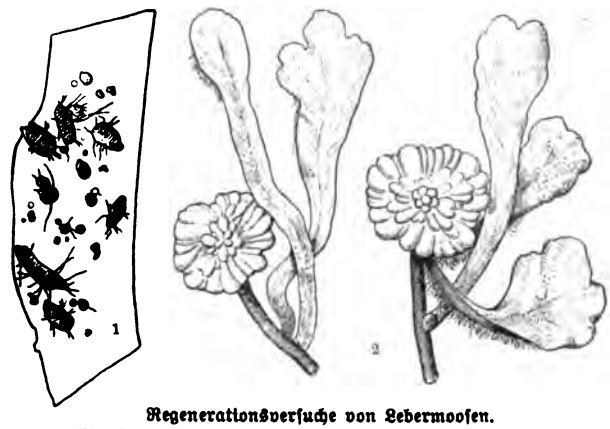
---

* K. Goebel, Einleitung in die experimentelle Morphologie d. Pflanzen. Leipzig 1908. S. 19.

** G. Klebs, Über den Einfluß des Lichtes auf die Fortpflanzung der Gewächse. (Biolog. Zentralblatt 1893.)

*** Arbeiten von Vöchting, Schostakowitsch, Volleter, Berkonec und Goebel sind darüber seit 1886 erschienen und bei Goebel, S. 242—243 zitiert.

aber unmöglich das Letzte, was Botanik überhaupt erreichen kann. Denn es werden dadurch nur Angaben beschafft, die man erst werten muß, um sie wertvoll zu machen. Es ist das eine formale, nicht aber jene kausale Forschungsmethode, auf die die Naturforschung, und zwar mit Recht, so stolz tut. Vergleichen wir damit die von uns vertretene Forschungsrichtung, so bemerken wir, daß auch Goebel so, wie Klebs, die Brücke zur Pflanzenpsychologie schlägt, denn ihre Experimentiermethode ist keine andere als die unserer Disziplin. Auch der Pflanzenpsychologe arbeitet so, daß er die Pflanze unter neue Bedingungen bringt und dann auf das treueste beobachtet, mit welchen Mitteln sie darauf reagiert. Er geht als Psychomorphologe über die experimentellen Morphologen nur dadurch hinaus, daß er sich nicht mit dem Rohmaterial bloßer Erfahrungen begnügt, sondern die erforschten Tatsachen nun denkend verknüpft und in ihre richtigen logischen Beziehungen bringt. Erst indem er fragt: warum ist es so, wie ich es beobachte?, erfüllt er die Forderung, zur Erkenntnis wirklicher Kausalität zu gelangen. Eine solche Arbeitsmethode ist nicht nur erlaubt, sondern sogar geboten, denn nur das ist Wissenschaft. Nur durch denkendes Verknüpfen von Erfahrungen hat man die großen Lebensgesetze erkannt, nur so das Entwicklungsgesetz gefunden; nur mit der Methode der Psychomorphologen wird man auch die Botanik von einer beschreibenden Naturwissenschaft auf die höhere Stufe eines kausalforschenden Wissenszweiges erheben.



Regenerationsversuche von Lebermoosen.
1 = Ein Stück des Lagers von Blyttia mit Adventivsprossen.
2 = Abgeschnittene „Hüte" von Fimbriaria, aus denen kleine Lager hervorwachsen. (Nach Goebel.)

Wenden wir sie im gegebenen Falle an, so ist es zwanglos einzusehen, daß bei abgeschnittenen Stücken einer Moospflanze der kräftig gereizte Selbsterhaltungstrieb die „Strömung" der Baustoffe lenkt, während das Rückschlagen auf Jugendformen unter ungünstigen Bedingungen auch eine Bedürfnisanpassung ist, um nun das Gleichgewicht eines Haushaltes mit verkürzten Einkünften nicht heillos zu verwirren. Erst wenn wir das „Selbst" der Pflanze in die Rechnung einsetzen, wird ihre Handlungsweise verständlich. Und so wird an einem Beispiel klar, um wieviel mehr Licht sich über die ganze Botanik ergießen wird, wenn sie nur erst vor denkender Verwertung ihres Wissens nicht mehr zurückbangt.

Einen ähnlichen Einblick in das Innenleben der Moose gewährt auch das, was man neuerdings von ihrer Dorsiventralität weiß. Die Brutknospen der Lebermoose Marchantia und Lunularia, einfache Scheibchen, auf beiden Seiten gleich, erinnern in keiner Beziehung an den „Thallus", zu dem sie sich umgestalten. Hauptsächlich dadurch ist er von ihnen unterschieden, daß er dorsiventral, auf seiner erdwendigen Seite anders denn auf der nach dem Lichte blickenden, ist. Auf der Oberseite

stehen bekanntlich die Luftkammern mit ihrem Atemöffnungen und der Assimilationspalisade, an der physiologischen Unterseite dagegen entspringen die Rhizoiden. Man kann nun nach Belieben jede Seite einer Brutknospe zur Oberseite machen, wenn man sie stärker beleuchtet. Die Dorsiventralität wird also erst durch Reize hervorgerufen — mit anderen Worten: an einem wahrhaft klassischen Beispiel kann man sich hier von der Reizverwertung der Pflanze überzeugen.

Eine große Anzahl von Schutzmitteln und Sonderanpassungen gestalten die Moose überhaupt zu einem höchst günstigen Gegenstand biologischer Experimente. Die fabelhafte Vermehrungsfähigkeit und Regenerationskraft, die K. Müller zu dem Ausspruch hinriß, daß fast jede Zelle der Lebermoospflanze dazu befähigt sei, ein neues Gewächs ins Leben zu setzen, ist in unserer biologischen Skizze wohl schon genügend herausgearbeitet worden. Auf ihr beruht das Vereinsleben dieser schwachen Pflänzchen, das sie zum biologischen Machtfaktor werden ließ. Durch die Bildungskraft des Wurzelfilzes sind die Laubmoose fast unverwüstlich, wo sie einmal Fuß gefaßt haben. Gewisse Arten, die nach der Sporenreife alljährlich abzusterben scheinen (Beispiele sind Funaria, Phascum, Pottia), treiben jeden Herbst aus dem perennierenden Wurzelfilz mühelos neue Moosrasen.

Eine höchst merkenswerte biologische Eigenschaft der Torfmoose teilt neuestens H. Paul* mit, gelegentlich einer Untersuchung über die bekannte Eigenschaft von Sphagnum, in kalkhaltigem Wasser abzusterben. Er findet dies bedingt durch ihren großen Gehalt von Säure**, deren biologische Bedeutung er in folgendem sieht: Die Torfmoose sind zur Ernährung so, wie die Moose überhaupt, auf den Staub angewiesen, der ja alle mineralischen Bestandteile der Erde enthält, und dessen Bedeutung für die Pflanzenwelt im allgemeinen eine viel größere ist, als man bisher annimmt. Wenn nun auch Paul vielleicht zu weit geht damit, die Ernährung der Moose nur dem Staub anzurechnen, so scheint seine Beweisführung doch im vorliegenden Falle recht einleuchtend, wenn er fortfährt: „Die Torfmoose müssen daher mit oberirdischen Organen ihre Nahrungsaufnahme ermöglichen, und zur Lösung der ihnen im Staub gebotenen Nährstoffe dient meiner Ansicht nach die in ihren Membranen festgehaltene Säure. Diese ist im Wasser nur wenig löslich und tritt erst bei Berührung mit einem Salz heraus."

Es erklärt sich damit erstens sein Befund, daß durchaus nicht alle Torfmoose kalkfeindlich, daß die in Flachmooren vorkommenden Arten sogar ziemlich unempfindlich für Kalk sind. Sie beziehen nämlich auch aus dem Wasser Nährstoffe, sind daher weniger auf den Staub angewiesen, infolgedessen weniger sauer und damit auch weniger empfindlich gegen die Neutralisation ihrer Säure durch Kalk.

Zweitens versteht man nun auch, warum die Hochmoorsphagnumarten durch kalkhaltiges Wasser rasch getötet werden. Paul sagt darüber: „Da sie viel Säure besitzen, empfinden sie deren Bindung als einen großen Stoffentzug, den sie gleich wieder zu decken suchen, und so gehen sie an der Unmöglichkeit, das völlig zu können, weil sie infolge der geringen Nährstoffzufuhr nur über geringe Reserven verfügen, zugrunde."

---

* H. Paul, Die Kalkfeindlichkeit der Sphagna und ihre Ursache. (Mitteilungen der bayr. Moorkulturanstalt. Heft 2.)

** Nach Paul 0,060—0,120 in 100 Teilen Trockensubstanz.

Eine Nebeneigenschaft der Sphagnumsäure, die ihren Trägern allerdings sehr von Nutzen ist, soll nicht unerwähnt bleiben. Die Torfmoose gehören nämlich zu den wenigen glücklichen Pflanzen, die von Parasiten fast ganz verschont bleiben. Das mag wohl auch auf ihrem Säuregehalt beruhen, der ihnen sogar Verwendung als antiseptisches Verbandmittel eintrug.

Auch über die biologische Bedeutung der sehr auffälligen prächtigen Färbungen vieler Moose liegen mancherlei Kenntnisse und Vermutungen vor. Gerade die soeben behandelten Torfmoose zeichnen sich durch warme Rotfärbung mancher Büschel aus, wodurch ein Hochmoor oft mit seinem Wechsel von hellem und sattem Grün mit Braun und Purpur malerische Effekte von seltenem Reiz erzielt. C. Warnstorf* hat den roten Membranfarbstoff, dem dies zu danken ist, als Schutzmittel gegen zu heftige Sonnenbestrahlung, der die Moose im schattenlosen Moor ausgesetzt sind, gedeutet, und wirklich kann man sich davon überzeugen, daß dieselben Arten, wenn sie in schattigem Walde sprießen, von einem köstlichen, zarten Grün sind. Ob dieser Farbstoff Anthozyan ist, sei dahingestellt. Dagegen spricht, daß Anthozyan bei allen Pflanzen sonst nicht die Membran färbt, sondern im Zellsaft gelöst ist. Rotfärbung in der Sonne ist auch bei Lebermoosen (z. B. Frullania) nicht selten und ganz gewöhnlich an der Unterseite des Lagers vieler Marchantiazeen. Zu bedenken ist auch, daß viele der arktischen und Hochgebirgsmoose braun oder rot, jedenfalls dunkel gefärbt sind. Bekanntlich hat W. Palladin neuestens mit Glück den Nachweis erbringen können, daß Rotfärbungen ursprünglich aus physiologischen Ursachen zustande kommen und Atmungspigmente darstellen. Stark atmende Pflanzenteile, wie z. B. Blüten und junge Sprossen, enthalten daher besonders große Mengen davon. Palladin dehnte seine Untersuchungen auch auf Moose aus und fand seine Atmungschromogene tatsächlich auch sowohl in Marchantia als in Mnium**, wodurch sich neue, dankbare Problemstellungen für physiologische Bryologen eröffnen.

C. Warnstorf, berühmter Moosforscher.

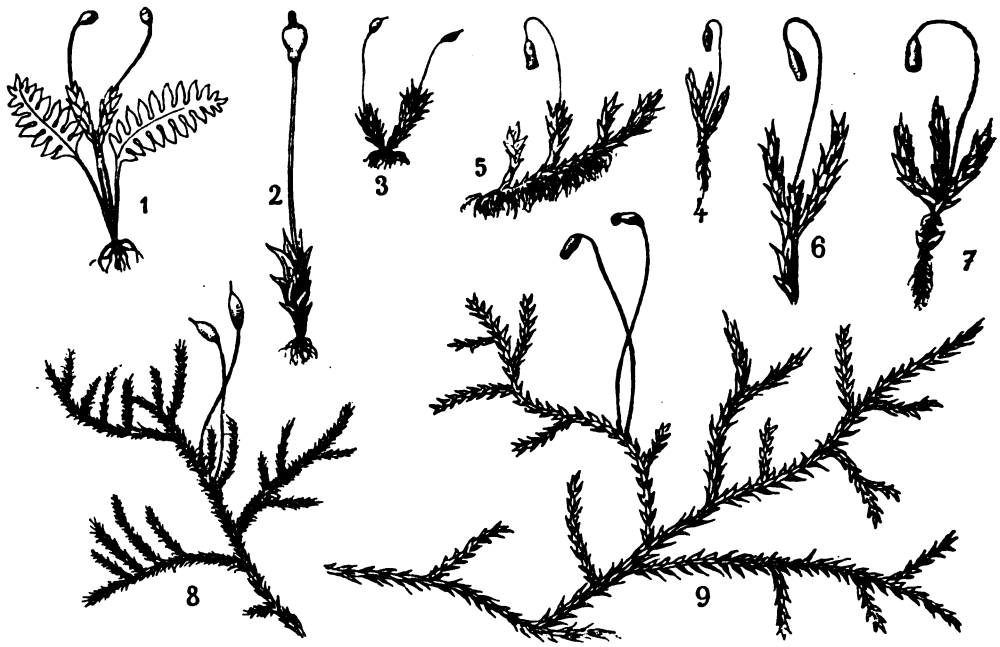
In einer Biologie der Moose dürfen natürlich auch die Ölkörper der Lebermoose nicht vergessen werden, die diese Pflanzengruppe kennzeichnen, auch sonst im Pflanzenreich nicht leicht ihresgleichen haben. K. Müller hat in seiner Monographie der Lebermoose viele Angaben über sie zusammengestellt.

---

* C. Warnstorf, Leber- und Torfmoose. Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. Bd. I. Leipzig 1903.

** W. Palladin, Die Verbreitung der Atmungschromogene bei den Pflanzen. (Berichte der deutschen botan. Gesellschaft. 1908.)

Als wesentlich an ihnen erscheint mir, daß sie als schwerflüchtige, ätherische Öltropfen im Thallus oder in den Blättern Geruch verbreiten und dadurch, wie **Stahl** in seiner bekannten Studie über Pflanzen und Schnecken durch Versuche **nachwies**, ein Schutzmittel der so appetitlichen Lebermoose gegen ihre lüsternen **Schneckenfeinde** darstellen. Da auch Weidetiere, überhaupt alle Pflanzenfresser die Moose **verschonen**, wodurch moosige Wiesen stark entwertet werden, so sind bei sämtlichen Moosen **Schutzmittel** entwickelt, die sich bei näherem Forschen gewiß auch für uns bemerkbar **machen** werden. Als ein großes und noch fast völlig brachliegendes Feld für **zukünftige**



Wichtige und häufige Laubmoose.
1 = Leuchtmoos (Schistostega osmundacea), erwachsenes Pflänzchen, das nicht leuchtet. Lupenvergrößerung. 2 = Splachnum ampullaceum, natürl. Größe. 3 = Weisia viridula. 4 = Bryum argenteum. 5 = Br. caespiticeum. 6 = Br. alpinum. 7 = Br. capillare. 8 = Brachythecium populeum. 9 = Brachyth. salebrosum. (Nach Migula.) Wo nichts anderes angegeben, in natürl. Größe.

Forschung kann auch die Blüten- und Fruchtbiologie der Moose bezeichnet werden. Daß von einer solchen gesprochen werden darf, wurde bereits im vorigen erhärtet. Und wenn erst einmal die notwendige und auch unausbleibliche **vergleichende Biologie** geschaffen ist, wird man gerade durch das Blütenleben dieser unscheinbaren Gewächse die vielsagendsten Einblicke in „**analoge Organbildungen**" im Pflanzenreich gewinnen.

Der Blütenstand der Lebermoose ist auf eine Befruchtung nach Algenart eingerichtet, ebenso auch die Blüte der Laubmoose. Pflanzen, die sich durch Spermatozoiden vermehren, müssen unbedingt einst vollkommen dem Wasserleben angepaßt gewesen sein, und wenn sogar noch heute eine ziemlich große Zahl Moose echte Wasserbewohner sind, so ist das doch ein ganz deutlicher Wink, daß irgendwo die Brücke von den Algen her existiert, wenn man auch die alte Behauptung von **Koleochäte**

(wegen der berindeten Archegonien) als Übergangsform fallen gelassen hat. Die Blütezeiten der Moose sind sehr verschieden. Marchantiazeen blühen meist im Juni oder Juli, manche der Laubmoose blühen beständig, z. B. Funaria; die Sumpf-Hypnum-Arten blühen im Spätsommer und brauchen 10 Monate zur Ausbildung der Sporogonien, Polytrichum hat seine Blütezeit oft schon im April. Die biologische Bedeutung dieser Unterschiede ist aber noch unklar.

Auch die Ansätze zu einer Blütenbiologie, wie sie in verschiedenen Bemerkungen Goebels, K. Müllers und anderer Forscher vorliegen, wonach die Gewebeanordnung um die Archegonien zum Festhalten des Wassers dient, oder daß die kleinen, moosbewohnenden Insekten, Spinnen und Milben die Rolle der Befruchter übernehmen, daß es ferner windblütige Lebermoose gibt, daß bei den Epiphyten die Sexualität verkümmert, daß Selbstbefruchtung so, wie bei den meisten Blütepflanzen, durch ungleiche Reifezeit der Geschlechter verhindert wird u. dgl. mehr, sie müßten noch mehr entwickelt werden, bevor sich hierüber Sicheres sagen läßt. Jedenfalls steht hier eine Fülle dankbarer Arbeiten bevor, die leichter als anderswo Verdienste um die Botanik verheißen.

Die Biologie der Mooskapsel und ihres Peristoms wurde bereits abgehandelt, nicht aber der pflanzenpsychologisch höchst bedeutsame Umstand, daß es entomophile Sporogone gibt. Als solche muß man die Kapseln von Splachnum ampullaceum L. bezeichnen, und es wirft viel Licht auf die inneren Zusammenhänge, daß sich diese auf Kuhmist spezialisierte Pflanze in einer Bedürfnislage befindet. Sie vegetiert in höchst mißlichen Verhältnissen, da ihre Sporen nicht aktiv die Exkremente aufsuchen können, deren Vorhandensein allein die Keimung ermöglicht. Es spricht sich also geradezu eine raffinierte Zweckmäßigkeit in folgenden Einrichtungen bei Splachnum aus, mit welchen uns Ruthe und Bryhn* bekannt gemacht haben.

Die Sporen der Laubmoose sind sonst blumenstaubartig, trocken, auf Windverbreitung berechnet. Die Sporen von Splachnum aber sind pollenartig, klebrig. Es ist mir kein Fall bekannt, daß irgendein Laubmoos aus dem Sporogon irgendwelchen Duft verbreitet. Bei Splachnum stellt sich zur Zeit der Sporenreife ein durchdringender Himbeergeruch ein. Der Erfolg dieser Sonderanstrengungen ist, daß sich kleine Dungfliegen einfinden, durch welche die klebrigen Sporen weithin auf frischen Kuhmist vertragen werden. So steht dieses Moos da als klassischer Zeuge dafür, daß die Pflanze unter dem Zwange ihrer Lebensweise aus inneren Kräften ihre Organisation so umformt, daß dadurch auf intelligente Weise ein Endzweck erreicht wird.

Und mit diesem Höhepunkt unserer Einsicht in die treibenden Kräfte des Moslebens können wir diesen Prodromus einer künftigen Moosbiologie verlassen.

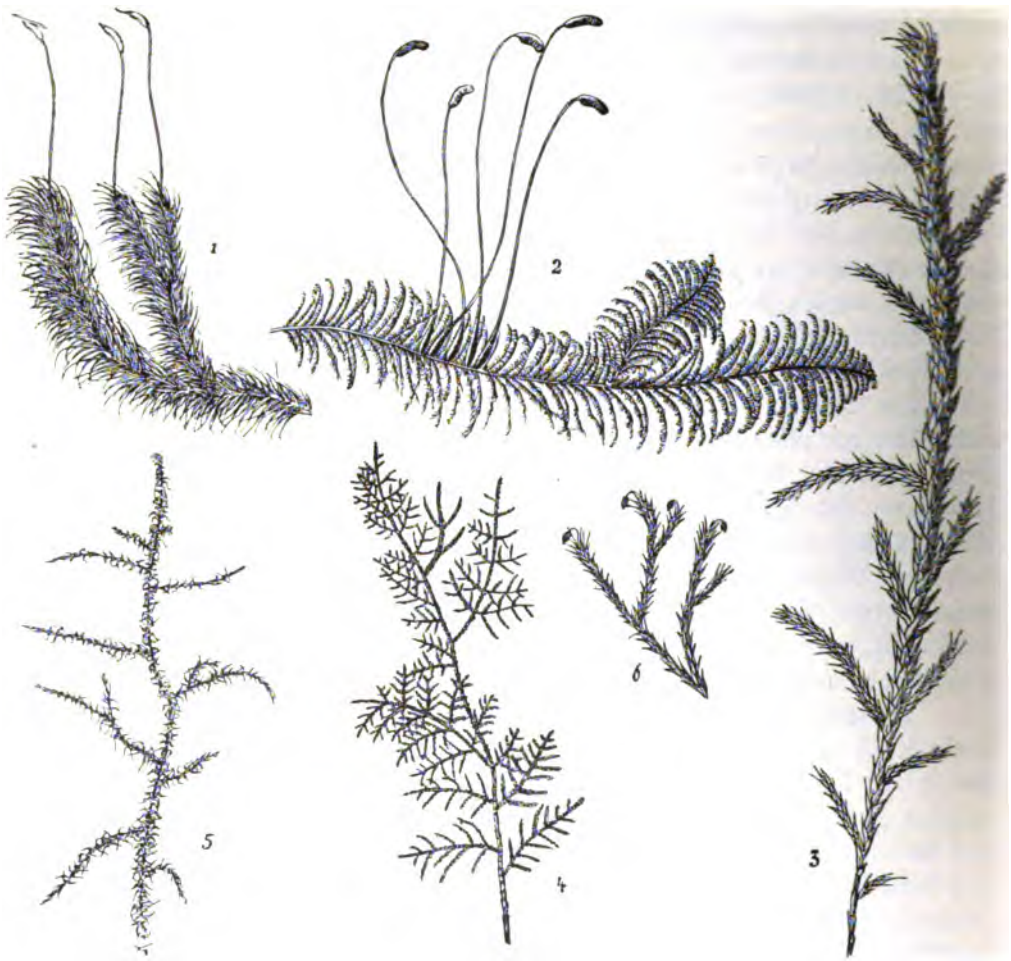
Es erübrigt noch, aus dem Gegenstand das für Schule und Bildung Nützliche herauszuholen, d. h. in einigen Bildern die Bedeutung der Moose für das Leben der Erde und ihres menschlichen Herrn auszuführen.

Die für das Gesamtleben wichtigste biologische Erscheinung ist die Vereinsbildung der Laubmoose.

---

* Ruthe in den Verhandlungen des Botan. Vereins der Prov. Brandenburg. 1867, und Bryhn im Biologischen Zentralblatt. 1897.

Im Fichtenwald nimmt das Moos eine poetiſche Lebensform an als **weiche Matte** und ſilbernſchimmernder Teppich. Von allen Nadelwäldern hat keiner dieſe **Moosdecke** ſo voll und üppig entwickelt, als gerade der hohe und nicht allzu dunkle **Fichtenwald**. Unter den trockenen und lichten Föhren ſickert der Regen zu raſch in den **Boden; die**



Die wichtigſten Arten der Moosdecke.
1 = Gabelmoos (Dicranum scoparium). 2 = Schlafmoos (Hypnum crista Castrensis). 3 = Hylocomium triquetrum. 4 = H. splendens. 5 = H. squarrosum. 6 = Grimmia pulvinata (mehr auf Lichtungen verbreitet). Sämtlich in natürl. Größe. (Nach Migula.)

zarten Blättchen, die ſich auch im Waldſchatten eigentlich nur im Morgentau und im ſchweren Regen wahrhaft wohlig breiten, müßten zu oft, in ihm zuſammengekauert, in ihre Trockenſtarre verſinken, ſie meiden ihn daher, den warmen Sandboden dem Flechtenvolke überlaſſend. Nur im Norden, wo auch der Sommer wochenlang mit Gewölk und Regenſchauern einherſchreitet, hat auch die Kiefernheide ihren Moosteppich, ein artig Muſter von winzigen Zwerg- und Gabelmooſen, die man lateiniſch Grimmia und Dicranum nennt. Anders aber im kühlen Dämmern des Fichtenhochwaldes. Jeder alte Stamm hat dort ſein Mooskleid angetan, das oft gleißt, als ob es eitel Seide wäre.

Hylocomium und Thuidium, die beiden Leitformen der Waldmooſe und zugleich die ſchönſten Pflanzengeſtalten, die man nur erſinnen kann, ſind wie winzige Farne und künſtleriſch erſonnene Stickmuſter auf das feinſte gezackt, in elegant geſchwungenen Wedelchen übereinandergelegt und gewölbt zu lauſchigen Lauben, darunter eine unzählbare Menge Kleingetier aus und ein geht. Da laufen in allen Farben glitzernde Käferchen und bunte Milben; hurtige Aſſeln huſchen, langbeinig ſchreiten die Weberſpinnen, raſtlos erklettern beſcheiden gekleidete Ameiſen jede Blattfieder. Und wenn

Moospolſter im Tegernſeer Urwalde. (Nach einem Originalaquarell des Verfaſſers.)

an einem Nebelherbſtmorgen im taufriſchen Bergwald die Sonne mit den weißen Schwaden kämpft, ſieht man mit Entzücken, wie viele, viele Spinnlein in der Moosdecke ihr hauchzartes Netz weben, denn mit diamant-glitzernden Tröpfchen ſind ſie überſät, ſie tragen manchmal den Tau wie eine Perlenſchnur mit regenbogenfarbigem Schimmern, ſchöner als jedes Geſchmeide, das Menſchen erſonnen haben.

Auch der Buchenwald hat ſeine eigentümliche und reiche Moosflora. Das Frauenhaar, das in einer ſparrigen, dunklen Form, die wirklich an Wacholderzweiglein erinnert, wie ſein Lateinname, Polytrichum juniperinum, andeutet, die ſonnigſten und trockenſten Lichtungen bewohnt und im Lichterglanze mit ſeinen fuchſig-goldenen Sporenſchächtelchen beſonders ſchön anmutet, es hat unter Buchen weicheren, ſaftigen Wuchs und ein ausnehmend freundlich blinkendes Grün. Neben ihm herrſchen hier das Aſtmoos (Hypnum) und wieder die Hylokomien und Gabelmooſe in ſchwellender Fülle.

Das Silbermoos Leucobryum, recht anschaulich von den alten Gelehrten Weißmoos benannt, ruht dazwischen wie im Wald verstreute Seidenkissen. Auch dieses Dickicht gibt unzählbaren Waldtierchen Unterschlupf, im Winter noch mehr als im Sommer. Die Moose, denen Frost und Schnee so wenig etwas anhat wie dem Nadelwald, erhalten das ganze Tierleben des Waldes, weil sich von den kleinsten die größeren ernähren. Millionen Kerbtiere schlummern wohl und sicher im Winter unter dem warmen Moospelz. Mit Staunen überzeugt man sich davon, wie viel Kleintiere vom Moose abhängig sind, wenn man einmal im Dezember den Moosüberzug des Waldes bis zum nackten, kalten Boden abhebt.

Aber auch für den Waldboden selbst bedeutet die Moosdecke Schutz und vielfache Wirkung. Ein derartiger Pflanzenfilz, der oft 5—6 cm dick ist und noch in die Erde selbst mit zahllosen Wurzelfäden eindringt, muß den Waldboden mit Humusstoffen gewaltig bereichern. Er muß aber mit seinen Milliarden kleinster Poren und Hohlräume auch Wasser aufsaugen wie ein Schwamm, und dies ist für das Leben des Waldes von unermeßlicher Bedeutung.

Man hat Versuche gemacht mit lufttrockenen Waldmoosen und dabei gefunden, daß die Moosdecke eines Quadratmeters in Bergwäldern beiläufig 1 Kilogramm wiegt. Nach einem ausgiebigen Regen aber hat sie das sechs- bis siebenfache Gewicht und behält es lange Zeit. Erst nach 10—12 trockenen Tagen ist auch der Moosteppich wieder zu seiner früheren Trockenheit zurückgekehrt. Da nun die Erfahrung zeigt, daß etwa die Hälfte des gesamten Waldbodens mit Moosen überwachsen ist, so berechne man daraus, wie viel Wasser auf diese Weise zurückgehalten wird und den Bäumen zugute kommt. Es ist nicht zu kühn, wenn man behauptet, daß der Wald ohne seine Moose nicht in seiner heutigen Form bestehen könnte. Eine wunderbare gegenseitige Hilfeleistung läßt die Moose im feuchten Schatten der Laubkronen gedeihen und zugleich durch ihr Leben das Dasein der Bäume sichern, deren sie bedürfen.

Der Moosteppich verhindert das Austrocknen des Waldbodens, er verwehrt dem Regen, auch auf Abhängen allzu rasch abzufließen, er sichert dem Hag ein stets gleichbleibendes Mittelmaß von Bodenfeuchtigkeit, und indem die Moosdecke im allgemeinen auch fast ebensoviel Wasser verdunstet, als sie aufnimmt, sichert sie der Waldluft einen guten Teil ihrer großen Feuchtigkeit, die uns den Aufenthalt im Walde als so labend und kühl empfinden läßt, wenn auch draußen auf den Fluren sengend Sonnenglast drückend brütet.

Das ist die größte Bedeutung der Moose für den Haushalt der Natur. Das Moos ist ein großer Regulator unserer Heimat, darum sollte staatswissenschaftliche Einsicht es begünstigen, wenn es auch der Forstwirt nicht zu sehr liebt, weil es leicht Rohhumus erzeugt und auf nassem und beschattetem Boden Versumpfung begünstigt.

Im Naturwalde gedeiht es üppiger als im Kunstforst. Über nichts erstaunt man so sehr, als über die Mächtigkeit der Moospolster auf Bäumen und am Boden, wenn man einen der Urwaldreste unseres Vaterlandes aufsucht (vergl. das Bild). Noch gigantischer stellen uns Reisende den Moosreichtum der Tropenwälder dar. So entwirft Prof. Morin von den javanischen Wäldern folgende plastische Schilderung: „Der merkwürdigste Wald ist wohl der Mooswald, wie er zuweilen in der Gipfelnähe großer Vulkane Javas auftritt. Ich habe die uralten Nadelholzwälder am Fuß des

Arber, die Eichen- und Buchenwälder der bayriſchen Hochebene, die ſchwarzgrünen Zirbenwälder der Dolomiten durchwandert, bin unter den flechtenbehangenen Wettertannen unſerer Berge, unter den Oliven Südfrankreichs und den Kokoswäldern von

Sphagnetum im Walde beim Walchenſee. (Nach der Natur.)

Ceylon geweſen, aber nie habe ich etwas geſehen, das an Sonderbarkeit dieſem Mooswald gleichkäme. Man ſtelle ſich vor, daß jeder Baum, jeder Zweig in einen halben bis ganzen Meter dicke Mooskiſſen eingepackt iſt, daß gewaltige Moosballen an den Lianen und Luftwurzeln als zentnerſchwere Laſten über uns ſchweben, daß ſtürzende

Bäume, in dem unendlichen Seilgewirr gehalten, hängenbleiben und, durch dichten Mooswuchs noch ungeheuerlicher geworden, dem Malaien als Waldgespenster erscheinen; man denke sich den Boden dicht überzogen mit Moos, Orchideen und Farnen und dazu Dämpfe aus den heißen Vulkanbächen die zarten Fiederkronen der Baumfarne durchziehend; dazu das klagende Geschrei des langarmigen Gibbon, der auf der Flucht vor dem gutkletternden Panther pfeilschnell durch die Wipfel saust; dann hat man ein schwaches Bild von dem, was sich dem einsamen Wanderer in diesem javanischen Wald bietet."

Diese Schilderung mag vielleicht auch in die Urzeit der Erde hineinleuchten, denn wir haben keinen Grund, daran zu zweifeln, daß, was jetzt noch in den dampfdurchhauchten Vulkanwäldern durch feuchte Luft zustande kommt, auch im heißfeuchten Klima des Tertiärs und seiner Vorzeiten vielleicht sogar noch gewaltiger gegrünt hat.

Im Erdbild der Gegenwart sind es freilich die kalten Landstriche, die den Moosen im allgemeinen die besseren Lebensbedingungen bieten, da solche Mooswälder, wie der soeben beschriebene, denn doch nur Seltenheiten sind. Als Moossteppe, mit dem asiatischen Namen Tundra, bedecken sie im nördlichen Asien ein größeres Gebiet, als die europäische Kulturwelt besiedelt. Polytrichum und Sphagnum gelten als ihre Leitformen, je nachdem der Boden trocken oder sumpfig ist, wenn auch im allgemeinen die Moosheide mehr Feuchtigkeit beansprucht als die Flechtenheide, mit der sie stets in heimlicher Rivalität liegt. Eine besondere Bedingung ihres Gedeihens scheint der Verwitterungsboden zu sein. Moränengrus sagt ihnen so zu, daß auch im Hochgebirge an die Stelle abgeschmolzener Gletscher ein weicher Teppich von Grimmia und Widerton (Polytrichum septentrionale) tritt. Als berühmtes Abbild der nordischen Moossteppe gilt das tirolische Ötztal, wo auf weitem Gehänge aus Sand und feinem Felsengrieß das sanfte Grün der Moose blinkt. So wie jenes Tal müssen wir uns die Vegetation Mitteleuropas nach den Eiszeiten vorstellen. Der Neandertalmensch zog auf weiten Moossteppen zur Jagd aus, und wenn heute im nördlichen Sibirien allerlei Zwergsträucher, kleine Birken und Preiselbeeren, auch Riedgräser mit eingestreuten Geranien, Rapünzchen und Dryas da und dort inmitten der Moosheide freundliche, blumengeschmückte, sogar sehr üppige Wiesen breiten, so hat es auch bei uns sicher damals nicht an jener melancholischen Schönheit, deren Überreste ja auch gefunden werden, gefehlt, die den Steinzeitmenschen in seiner tierischen Wildheit gewiß manchmal eine ferne Ahnung kommender Gesittung empfinden ließ. Er hätte sonst nicht an den Wänden seiner Höhlen die auf der Moossteppe weidenden Herden mit einem wahrhaft künstlerischen Zug festgehalten, nicht seine Steingeräte verziert und seine Toten so sorgfältig begraben..... Auch er hat unbestimmte Wallungen und Sehnsucht empfunden nach Schönheit und Ewigkeiten, vielleicht mehr als wir, die um so viel reicher an Lebensgenuß geworden sind. Er hat sicher seine Moosheide und das Moor für schön und traut gehalten, weil es eben seine Heimat war.

Heute kommen diese uns traurig anmutenden Moosheiden wesentlich nur auf der nördlichen Halbkugel, besonders in Sibirien und Lappland, vor. Schimper sagt in seiner Pflanzengeographie, daß schon die kleinste Zunahme an Bodenfeuchtigkeit genüge, um den Charakter der Tundra zu ändern und z. B. inmitten einer trockenen Flechtenheide, entlang kleiner Rinnsale, Streifen der grünen Moossteppe einzuschieben.

Eine solche Heide — schreibt der dänische Naturforscher Warming — besteht meistens aus Polytrichum, also aus hohen Moosen, deren aufrechte Stengel dicht aneinander schließen und eine niedrige, weiche Decke bilden. Selbst wenn der Boden, worauf sie wachsen, im Frühjahr durch den schmelzenden Schnee sehr wasserreich ist, wird die Sommersonne ihn doch oberflächlich trocknen können, so daß er hart wird. Und im Winter, wenn über den nordischen Tundren große Lufttrockenheit herrscht, sind es die Winde, welche die Pflanzen dort noch trockener machen. Die Polytrichum-Moose können zwar in ihren dichten, verfilzten Rasen Wasser bewahren, haben aber doch, wie nun verständlich, einen der Trockenheit angepaßten Bau mit Rollblättern. Neben dieser Gattung ist es Dicranum, das ähnliche dichte, feste Rasen bildet, und dieser Decke von Rohhumus bildenden Moosen sind noch beigemischt Arten von Hypnum, Racomitrium, Jungermannia und anderen Moosen, Flechten, Zwergsträucher und Kräuter derselben Arten, wie auf den Felsenfluren. Die Fähigkeit der Moose, einzutrocknen und wieder aufzuleben, wenn Feuchtigkeit eintritt, ihre große Genügsamkeit und ihre Gabe, anscheinend bei sehr niedrigen Temperaturen eher als die Blütepflanzen grün zu werden und zu assimilieren, setzen sie instand, das ungastliche Gebiet zu erobern.

Neben dieser trockensten Moostundra gibt es aber auch eine mit Wasser beladene Moosvegetation, welche die nordischen Reisenden mit dem geschmacklosen Namen: die schwappende Tundra bezeichnet haben. Auch sie gedeiht hauptsächlich in Sibirien, auf wellenförmigen Flächen, wo das Wasser schwer abfließt. Da sie geradezu untrennbar mit den Mooren zusammenhängt, soll sie hier auch gemeinsam mit diesen geschildert werden.

Diesen Pflanzengesellschaften kommt, so ärmlich sie sich auch dem Blicke darbieten, eine über alle Maßen große Bedeutung für das Gesamtleben der Erde zu. Denn wenn wir Algen und Flechten priesen als Vorarbeiter bei der Verwitterung des Felsengerippes der Erde und bei der Bildung der Dammerde, so verdienen auch die Moose dieses Lob, sind sie doch ein nicht weniger wichtiges, geradezu unentbehrliches Glied in der Kette, welche von dem toten Gestein zur Fruchtbarkeit üppiger Fluren leitet.

Ein Klassiker der Naturdarstellung, Alexander v. Humboldt, hat sich die Mühe genommen, dieses Verhältnis, das seine seltene Beobachtungsgabe entdeckte, mit seiner lichtvollen und farbenreichen Darstellungskunst auszumalen, und ich überlasse den Platz des Redners einfach nur dem Würdigeren, wenn ich hersetze, was er darüber sagt in seinen prächtigen „Ansichten der Natur", von denen es mit Recht heißt, daß sie wegen der ausdruckreichen Fülle des Inhalts und der klassischen Sprache seit langer Zeit als eine der bedeutendsten Schriften in deutscher Sprache betrachtet werden.

„Trennt im Meeresboden", heißt es bei ihm, „ein Vulkan die kochende Flut und schiebt plötzlich, wie einst, zwischen den griechischen Inseln einen schlackigen Fels empor, oder erheben, um an eine friedlichere Naturerscheinung zu erinnern, auf einem unterseeischen Gebirgsrücken die einträchtigen Lithophyten* ihre zelligen Wohnungen, bis sie nach Jahrtausenden, über den Wasserspiegel hervorragend, absterben und ein flaches Koralleneiland bilden, so sind die organischen Kräfte sogleich bereit, den toten Felsen

* Humboldt meint hier Korallen, die man damals für Pflanzen hielt.

zu beleben. Was den Samen so plötzlich herbeiführt, ob wandernde Vögel oder Winde oder die Wogen des Meeres, ist bei der großen Entfernung der Küsten schwer zu entscheiden. Aber auf dem nackten Steine, sobald ihn zuerst die Luft berührt, bildet sich in den nordischen Ländern ein Gewebe samtartiger Fasern, welche dem unbewaffneten Auge als farbige Flecken erscheinen. Einige sind durch hervorragende Linien bald einfach, bald doppelt begrenzt; andere sind in Furchen durchschnitten und in Fächer geteilt. Mit zunehmendem Alter verdunkelt sich ihre lichte Farbe. Das fernleuchtende Gelb wird braun, und das bläuliche Grau der Leprarienflechten verwandelt sich nach und nach in ein staubartiges Schwarz. Die Grenzen der alternden Decke fließen ineinander, und auf dem dunklen Grunde bilden sich neue, zirkelrunde Flechten von blendender Weiße. So lagert sich schichtenweise ein organisches Gewebe auf das andere, und wie das sich ansiedelnde Menschengeschlecht bestimmte Stufen der sittlichen Kultur durchlaufen muß, so ist die allmähliche Verbreitung der Pflanzen an bestimmte physische Gesetze gebunden. Wo jetzt hohe Waldbäume ihre Gipfel lustig erheben, da überzogen einst zarte Flechten das erdenlose Gestein. Laubmoose, Gräser, krautartige Gewächse und Sträucher füllen die Kluft der langen, aber ungemessenen Zwischenzeit aus. Was im Norden Flechten und Moose, das bewirken in den Tropen Portulaca, Gomphyrenen und andere fette, niedrige Uferpflanzen. Die Geschichte der Pflanzendecke und ihre allmähliche Ausbreitung über die öde Erdrinde hat ihre Epochen wie die Geschichte der wandernden Tierwelt."

In diesem Gemälde braucht die Erscheinung der Moose nur mehr ein wenig verstärkt zu werden, um das Ganze auf den Stand heutiger Kenntnisse zu bringen. Die Moose siedeln sich überall an, wo Flechten auch nur ein wenig vorgearbeitet haben. Ein altes Dach, eine Gartenmauer, mit dem grünen Samt der Bartmoose belegt, verrät bereits, daß es oft nicht einmal solcher Vorbereitung bedarf, und daß der herbeigewehte Staub allein genügt, um die Moose auskömmlich zu ernähren. Nicht anders ist es in den Felsenmauern der Hochgebirge. Was wir über sie von den Flechten gehört haben, gilt auch ohne weiteres für die Moose. Der junge schweizerische Naturforscher, dessen wir dort gedachten (M. Oettli), hebt in seiner Untersuchung über die Felsflora der Alpen besonders hervor, daß abgestorbene Moose ein Hauptbestandteil des Detritus sind, der die Felsklüfte und Ritzen bewohnbar macht für höheres Leben. Die Moospolsterchen sind in jenen lichten Höhen geradezu das Keimbett für die blütentragende Felsenflora, und wenn sie schon zum größten Segen des Landes im Bergwald dem zu raschen Abfluß des Regenwassers Halt gebieten, so steigert sich ihre Nützlichkeit um ein Vielfaches im Geschröf, wo das Wasser weder in den Boden dringen noch sich halten kann, was sich dem Wanderer durch die zahllosen „Tintenstriche" an den Wänden verrät, deren Zustandekommen so lange unerklärlich war, bis es das Mikroskop verriet, daß es die Alge Stigonema sei, die dort haust und mit rührender Bescheidenheit mit dem Tropf- und Rieselwasser vorliebnimmt.

Durch das Feuchthalten des Gesteins und Mulms aber befördern die Moose auch die Verwitterung, und schon darum wird der Geograph sie als „Neulandbildner" nie vergessen. Sie schaffen jedoch auch noch in einem ganz anderen Sinne bewohnbares Land. Damit sind wir zu der letzten Lebenserscheinung von gemeiner Wichtigkeit vorgedrungen, mit der das Mooseleben das Bild der Erde bereichert.

Die Sumpfmoose gehören zu den wichtigsten Pflanzen des Erdballs. Was als Sumpfmoos zu gelten habe, ist zwar ein wenig unbestimmt, da zahlreiche Arten des Waldes sich auch ohne weiteres in Gräben, in feuchten Mulden und auf Inseln im Hochmoore ansiedeln und das Wasser der Sümpfe erfüllen. Im allgemeinen aber haben von ihnen doch nur zwei, das gemeine Torfmoos Sphagnum und das Astmoos Hypnum, die Bedeutung erlangt, welche wir gleich erörtern werden. Und auch von diesen beiden überwiegt die Macht der Sphagnum-Arten. Diese sind die eigentlichen Bildner der Moore.

Gebirgshochmoor in den bayrischen Voralpen.
(Nach einem Gemälde von C. Wenglein.)

Im alltäglichen Leben versteht man unter einem Moor ein unfruchtbares Sumpfland. Der Naturkundige macht jedoch feinere Unterscheidungen und sondert die pflanzenreichen, wahren Sümpfe von den „monotypen" Mooren, wobei das Fremdwort kurz die Sachlage ausdrücken soll, daß ein Moor von einer herrschenden Pflanzenart gebildet wird. Je nachdem diese herrschende Pflanze zu den Gräsern gehört oder zu den Moosen, spricht man von Grünmooren oder von Hochmooren. Zwischen den beiden ist ein erheblicher Unterschied. Das Grünmoor ist ein Grassumpf, in dichten Rasen besiedelt von Ried- und anderen „sauren" Gräsern, zwischen denen sich manche Doldenpflanze schaukelt, manche Orchidee, die reine Blume der Parnassie, Fieberklee, Weidenröschen freundlich schimmern, und auf trockeneren Stellen Gebüsch und lichtes Birken- und Weidengehölz anmutige Landschaftsbilder schaffen. Erst ganz am Grunde stellt sich im Wiesenmoor auch ein Moosfilz* ein, der dem Kenner anzeigt, daß dort

* Aus Hypnum, Mnium, Sphagnum, Polytrichum und anderen Moosen.

im Boden keine Luftzirkulation stattfindet. Aber diese Moose bestimmen nicht das Landschaftsbild und werden nur von dem sie Suchenden gesehen.

Solcherart sind z. B. die Moore im größten Moorland der Erde, wie man Irland, die grüne Insel, bezeichnet hat, wo fast der fünfte Teil des Erdbodens versumpft ist.

Die deutschen Moore dagegen sind sowohl im Nordwesten, wo sie von der Lüneburger Heide an ihren Mittelpunkt gegen Holland zu verlegen, als auch auf der schwäbisch-bayrischen Hochebene echte Moossümpfe, deren Leitform das Torfmoos Sphagnum ist. Moore heißen nicht umsonst in Bayern „Moose".

Man hat die Meinung ausgesprochen, daß diese länderweiten, öden Strecken Überbleibsel der Tundren seien, die nach der letzten Eiszeit Europa bedeckten und sich noch heute in nordischer Rauheit als Sphagnumtundra erhalten haben. Diese Ansicht hat viel für sich; jedenfalls hat jener einen anschaulichen Begriff der sibirischen nassen Tundren, der eines unserer großen deutschen Hochmoore betritt.

Das ist ein merkwürdiges Stück Land, eine ganze Sondernatur innerhalb des heimischen Naturlebens und schon deshalb anreizend, sich liebevoller mit ihm zu befassen.

Ein Hochmoor bildet sich durchaus nicht, wie der mehrsinnige Namen anzudeuten scheint, nur in Höhen, wenngleich alle Gebirge, in Deutschland und Österreich namentlich die aus Urgestein erbauten Mittelgebirge, der Schwarzwald, Harz, das Fichtel- und Riesengebirge, ausgedehnte Moore auf ihren flachen Rücken tragen. Der Name bezieht sich vielmehr darauf, daß sich ein solches Moor infolge der eigentümlichen Wuchsart seine Hauptpflanze gegen seine Mitte zu etwas hügelig emporwölbt (siehe das Bild). Aus einer einfachen Bodenpfütze kann es seinen Ursprung nehmen. Wenn im Herbst Wochen hindurch in Nebel und Sprühregen der Boden trieft, siedeln sich die Vorkeime der Torfmoose an, und da ihnen der Winter nicht die Lebenskraft mindert, überzieht schon bis zum Lenz eine üppige Moosdecke den Platz des künftigen Moores. Sie verhindert das Austrocknen; durch die eigenartigen, vorhin beschriebenen Sauge-einrichtungen pumpt sie das Wasser der Pfütze in die Höhe. Strotzend gefüllt sind die Leiber der zarten Torfmoose; sie wachsen rasch und kräftig, geraten dadurch ins Gedränge, so daß sie sich selbst ausdrücken und ihre Umgebung neuerdings befeuchten. Damit schaffen sie sich die Vorbedingung zu weiterer Ausbreitung. Die Moospfütze wandert und geht auf Eroberungen aus.

Dazu kommt noch etwas anderes. Das Torfmoos hat eine ganz eigentümliche Wuchsart. Sein Stamm ist anfänglich aufrecht dünn und einfach, bringt aber bald nach jedem vierten Blatt einen Seitenzweig hervor, der sich wieder verästelt. Diese Zweige sind gewöhnlich an der Spitze des Stammes zu einem Köpfchen zusammengedrängt, an dem das Sphagnum-Moos leicht erkannt werden kann. Nach der Fruchtreife bildet die Pflanze jedoch auch Seitensprosse, die sich dadurch ablösen, daß der untere Teil der Mutterpflanze abstirbt. So breitet sich das Moos nicht nur rasch aus, sondern treibt auch in die Höhe. Es lebt in die Jahrhunderte und sitzt stets auf den toten Resten seines früheren Lebens. Es erhöht sich um mehrere, oft viele, bis 6 oder 10 Meter. Diese Masse ist ganz von Wasser durchdrungen, kann also nicht in der gewohnten Weise verwesen, sondern sie vertorft, d. h. sie verbrennt ohne Feuer so, daß sie verkohlt. Gräbt man ein altes Moor auf — und dies tut täglich der Torfgräber — so bringt man eine schwarzbraune, vielverfilzte, kohlige Masse ans Licht.

Das ist der Moortorf, den wir als Brennmaterial und auch sonst vielfach benützen, und um dessentwillen auch das Moor des volkswirtschaftlichen Wertes nicht entbehrt.

Wie kommt es aber, daß der Torf so durchaus wässerig ist? Das erklärt sich aus dem ausgezeichneten Leitungsvermögen der Torfmoose, wodurch sie mehrere Stockwerke hoch das Grundwasser aufsaugen. Der innere Bau der Moospflanze stellt geradezu ein hydraulisches Hebesystem dar. Man hat den Versuch gemacht, eine mehr als fußlange Pflanze mit ihren Ästen ganz austrocknen zu lassen und dann mit ihrem unteren Teil in einen Wasserbehälter zu setzen. Schon binnen wenigen Minuten hatte sie sich nicht nur bis an die Spitze mit Wasser vollgesogen, sondern sogar das Wassergefäß ausgepumpt und ließ nun das, was sie nicht halten konnte, aus dem Köpfchen austropfen.

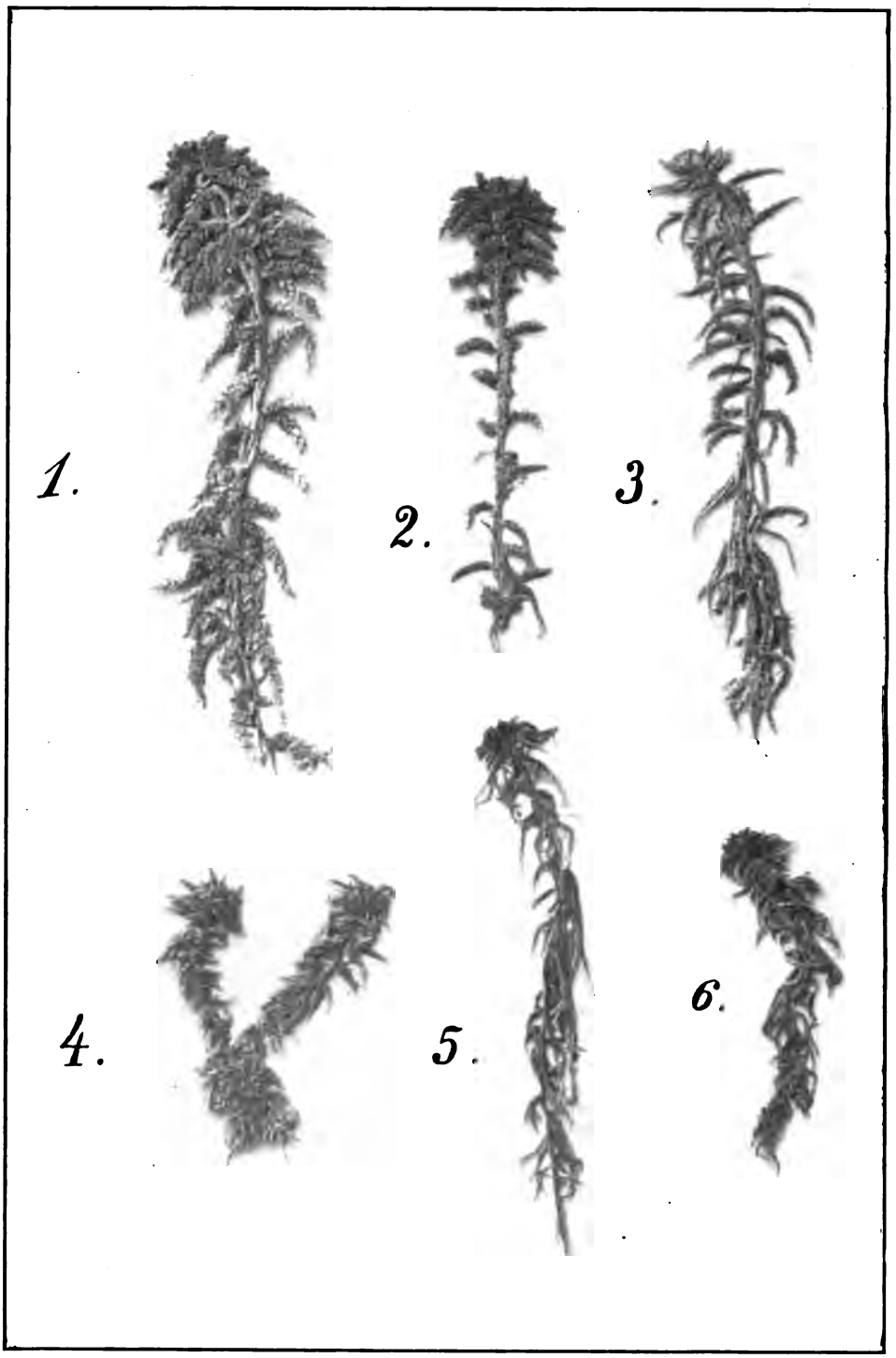
Es ergibt sich jedoch aus dieser Lebensweise ein eigenartiger Übelstand. Das Moos verliert den Zusammenhang mit der Erde. Es thront auf einem schwammigen Leichenhügel, dem es keine Nahrung entziehen kann. Es ist zur Ernährung auf das Wasser und den Staub angewiesen, den der Wind über das Moor weht; und wie die Moose es anstellen, um den Staub für sich nutzbar zu machen, konnte aus dem Vorhergehenden schon entnommen werden. Das bedingt die große Armut der Hochmoore an Pflanzennährstoffen. Ein Moor ist gar schlechter Boden; er ernährt außer den Moosen nur wenige und sehr bescheidene Gewächse. In nordischen Ländern finden sich leicht andere Moose ein, ansonst fast nur solche Pflanzen, die sich von Verwesungsstoffen ernähren können. Allbekannt ist davon das Heidekraut, das an den trockeneren Stellen die Erbschaft der Torfmoose antritt, ferner die Riedgräser, die Moorföhre und Moorbirke, die hier verkrüppelt sind und oft so niedrige Gestrüppe bilden wie das Krummholz der Gebirgshöhen (Bild S. 511). Auf den Mooren leben auch die berühmten insektenfressenden Pflanzen, und nahe liegt es anzunehmen, daß sie auf ihre tierische Lebensweise, durch die Not gezwungen, gerieten.

Es sind einige dreißig Torfmoosarten*, die in allen Ländern, wo mäßige Wärme und feuchtes Klima ihr Wachstum begünstigen, gedeihen und dort, wo sie einmal zu Massenverbreitung gelangten, das Klima noch feuchter und kühler gestalten. Durch Versuche wurde gefunden, daß lufttrockene Torfmoose das Elf- bis Dreißigfache ihres Gewichtes an Wasser aufnehmen können; und da sie dementsprechend verdunsten, so daß ein Moor das Fünffache dessen aushaucht, um was ein gleichgroßer See die Luftfeuchtigkeit bereichert, möge man daraus ermessen, wie sehr die Volksmeinung recht hat, die eine Gegend für kalt und regenreich hält, in der viele Moore sind.

Von solcher Beschaffenheit sind namentlich in Europa weite Landstriche. Deutschland, England, Holland und Dänemark haben den nicht beneidenswerten Ruhm, als die größten Moorländer der Erde zu gelten. Ihr gemäßigtes Klima sagt dem Sumpfmoos am besten zu, während der hohe Norden, wo es zwar sowohl Torflager als auch Sphagnumtundren gibt, ihnen nicht die besten Bedingungen bietet, noch weniger freilich die Tropen, unter denen sie sich ausschließlich auf hohen Bergen ansässig machten.

Im deutschen Reich ist besonders der Nordwesten reich an Mooren. Große Moorflächen sind allerdings bereits urbar gemacht worden an der Ems, um Bremen,

* Die häufigsten Arten sind in Deutschland: Sph. acutifolium, cymbifolium, cuspidatum, teres, fimbriatum, intermedium, rigidum, fuscum u. a. mehr, die wieder in einer großen Anzahl von Varietäten auftreten und nicht leicht bestimmt werden können.



Die wichtigsten Torfmoosarten.

1 = Sphagnum papillosum Lindb. 2 = S. medium Limpr. 3 = S. squarrosum Pers. 4 = S. molluscum Bruch. 5 = S. rubellum Wils. 6 = S. acutifolium (Ehrh.) Warnst. (Originalphotographie von Dr. H. Paul, Moorkulturanstalt, Bernau).

in Friesland und Bayern, und wir dürfen annehmen, daß Deutschland zu Beginn unserer völkischen Geschichte noch in ganz anderer Weise vermoort war als jetzt, da immerhin der Umfang der Moore noch auf 16500 qkm geschätzt wird. Einige statistische Angaben malen die Größe dieser Zahl auf das anschaulichste aus. Ein Zwanzigstel (5,2%) von ganz Preußen ist Moorboden. 18,6% der Bodenfläche von Oldenburg ist überwiegend Hochmoor. Bayern, das man nach seinen großen Voralpenmooren (um den Chiemsee, Dachauer, Erdinger, Donaumoos) für viel mehr vermoort halten würde, enthält an 12 Quadratmeilen Moore, was allerdings noch immer der Größe manches deutschen Kleinstaates gleichkommt.

Es ist auch ein Staat für sich, so ein Moorland, das mit seiner einfachen Natur manchmal mehr auf das Gemüt wirkt, als eine prächtige, schöne Landschaft. Es ist schlicht wie ein Volkslied und ernährt auch nur schlichte und bescheidene Menschen. Dringt man in das Leben auf dem Moore ein, das die Maler von Worpswede und Dachau so beredt und anziehend geschildert haben, so bemerkt man bald, daß es durchaus nicht so eintönig ist, wie man es als Fremder einschätzt. Ein Gewimmel heiterer und schreckhaft ernster Himmelsbilder schwebt über dem braun-grünen Land; im Moorrauch glühen mehr Farben als in der reinen Luft der Gebirge, und ein eigenes Tierleben belebt den Bruch mit seltsamen Gestalten. Das Moor selbst hat ein verschiedenes Antlitz. Schwarze Teiche wechseln mit weichen, roten und fahlen Moosmatten und dunkelgrünen Riedwiesen. Weidicht ist eingeschoben, und violett-rosa Heidekraut drängt an manchem trockenen Bühel empor. Wo das Moor sein Wasser verloren hat und seiner Moose beraubt ist, rächt sich die vergewaltigte Natur. Zu Staub, zu einer schmutzigen Wanderdüne trocknet der nackte Boden ein, und als „Moorwehen" spielt mit ihm der Wind. Ja, es fehlt im Moor sogar nicht an schreckhaften Naturereignissen, wenngleich ein Moorausbruch, auf den hier angespielt wird, ein sehr seltenes Ereignis ist. Sumpfgase treiben dabei die Moordecke empor. Sie hebt sich wallend, und mit dumpfem Donnern strömt Schlamm hervor, der das Moor überschüttet, als ob sich ein Schlammvulkan geöffnet hätte.

Gegen diesen Ernst stechen dann lieblich behäbige Bilder ab, wo Fehnkolonien sich ansiedelten nach dem Muster der holländischen Stadt Groningen, die einen guten Teil Hollands kolonisierten und heute auf reichen Äckern und fetten Wiesen ernten, wo früher nur Moorschwaden zog und der blaue Rauch der Torfbrenner.

Sogar eine eigene Geschichte hat das norddeutsche Moorland, die in uralte Überlieferungen hinabreicht und viele Seiten beschreiben mußte mit Elend und Verkommenheit, solange man mit Unverstand sich die Moore nutzbar machen wollte. Auf einem der traurigsten Blätter steht die Geschichte der ostfriesischen Moorbrenner, die durch unbedachte Willkür im 18. Jahrhundert zu Tausenden an der Nordwestgrenze des Reiches angesiedelt wurden. 20000 Landstreicher sollten dort aus ödem Sumpfland ein glückliches Neuland schaffen durch Buchweizenbau, der auf dem unzweckmäßig bearbeiteten Boden stets mißriet. Menschen, die bislang von Bettel und Diebstahl lebten und der Arbeit entwöhnt waren, sollten einen Musterstaat bilden. So träumte man und glaubte, Menschen und Natur durch eine Verordnung bessern zu können.

Das schreckliche Elend, das dann dort über ein Jahrhundert hauste, hat seinen Dichter noch nicht gefunden. Heute ist es auch schon vergessen. Unter der Anleitung

wissenschaftlich geführter Moorversuchstationen, von denen die Bremer und die bayrische* die ersten sind, siedelt heute auf vielen deutschen Mooren der Wohlstand und macht die Hoffnungen wahr, die der Mensch daran geknüpft hat, daß er nach langen Irrungen endlich das Ideal des Plato verwirklicht und den Geistesmenschen zum Herrscher über seine Lebensordnung machte.

Zur Einführung in das Studium der Moose leiten folgende Schriften an:

(Spezialliteratur wurde bereits im Text zitiert.)

1. Brotherus, Laubmoose (in Engler-Prantls Natürl. Pflanzenfamilien. I. Teil).
2. Bruch, Schimper und Gümbel. Bryologia europaea. Stuttgart 1837—1856. 6 Bände. (Älteres Hauptwerk über die Moose mit 654 Tafeln!)
3. Goebel, K., Die Muscineen (in Schenks Handbuch d. Botanik. Breslau 1879).
4. Leitgeb, Untersuchungen über die Lebermoose. (Jena. 1874—1881.) 6 Hefte.
5. Limpricht, G., Die Laubmoose. (Rabenhorsts Kryptogamenflora Deutschlands. Neubearbeitung. Leipzig. 1887—1904.) [Modernes Hauptwerk über die Laubmoose.]
6. Migula, W., Moose. (Thomés Kryptogamenflora von Deutschland. Bd. I.) Gera. 1904. (Handliches Bestimmungswerk mit 68 Tafeln.)
7. Müller, K., Synopsis muscorum frondosorum. Berlin 1849—1851. 2 Bände.
8. Müller, K., Die Lebermoose. (Rabenhorsts Kryptogamenflora. VI. Bd.) Leipzig. Seit 1907 noch im Erscheinen. (Modernes Hauptwerk über Lebermoose.)
9. Roth, G., Die europäischen Laubmoose. 2 Bde. 1904—1906. (Mit 125 Tafeln.) Nachtrag dazu: 10. Roth, G., Die europäischen Torfmoose.
11. Schiffner, V., Hepaticae (in Engler-Prantls Natürl. Pflanzenfamil. 1893—95).
12. Stephani, Species Hepaticarum. (Bulletin et mémoire de l'Herbier Boissier.) Genf. 1900. (Noch im Erscheinen. Systematisches Hauptwerk.)
13. Sydow, P., Die Moose Deutschlands. Berlin 1881.

Damit schließt das, was über die Kleinpflanzen zu sagen war. Ob wir nun Bazillen oder Algen, ob wir Schimmelpilze oder das mißachtete Volk der Flechten betrachteten oder das Filigrankunstwerk der Moose, stets wurde ein Großes offenbar, daß die Natur klein und groß nicht kennt und im erhabenen Monismus ihres Waltens das Kleinste erhöht und so mächtig macht durch Masse, wie das Große durch seine Kraft.

Es ist also ein Vorurteil der Gewohnheit, das Wesen des Pflanzenlebens nur in der Blume und im gewaltigen Rauschen des hohen Waldes zu suchen. Es liegt überall zutage, wie wohl auch diese Blätter gezeigt haben. Im einfacheren Wesen sogar weniger befremdend und verwirrend durch ein Übermaß der Erscheinungen. Mit der klassischen Einfachheit wahrer Weisheit hat Goethe für die Größe dieser Einsicht die schönsten Worte gefunden. Denn von ihm stammt der Satz, der mir als Leitspruch meines Werkes vorschwebte, wenn ich ihn auch erst an dessen Schluß setze: „Die Natur ist das einzige Buch, das auf allen Blättern großen Inhalt bietet."

---

* Im Bernau am Chiemsee.

Allgemeine Hilfsmittel des Studiums der Lagerpflanzen und Moose.

Da gerade die einfacheren Pflanzen sehr eifrig von zahlreichen Naturfreunden studiert werden, und Kieselalgen, Zierdinge, Planktonwesen, Flechten und Moose Tausende von Liebhabern gefunden haben, die oft mit verblüffender Sachkenntnis den Gegenstand beherrschen, glaube ich einem Bedürfnis entgegenzukommen, wenn ich denen, die sich dieser entzückenden Wissenschaft von der Kleinwelt neu anschließen wollen, Winke erteile, um ihnen das Finden des richtigen Weges zu erleichtern. Die Vorbedingung, um sich nicht in bloße Spielerei mit dem Gegenstand zu verlieren, ist eine gediegene mikroskopische Schulung. Der einzelne kann sie ohne Anleitung nur schwer und nach vielem „Lehrgeld" erreichen. Es sorgen aber dafür fast an jeder Universität die mikroskopischen Praktika für Anfänger, die von Zoologen und Botanikern abgehalten werden. Einen Mittelpunkt solcher Bildung hat auch die seit einigen Jahren bestehende Deutsche mikrologische Gesellschaft (Sitz Stuttgart) geschaffen in ihrem Biologischen Institut zu München, das vornehmlich als Lehranstalt solcher mikroskopischer Kurse wirkt. Eine weitere derartige Gelegenheit, allerdings nur für Hydrobiologie, ist neuerdings in der Biologischen Station zu Plön gegeben. Die Universitäten, an denen die Häupter der modernen Kryptogamenkunde wirken, sind in Deutschland Heidelberg, München, Freiburg und Breslau, in der Schweiz Zürich und Genf, in Österreich Wien. Berühmte einschlägige Sammlungen befinden sich zu Wien (Hofmuseum) und München (Botanisches Institut). Gelegenheit zu Studien für Fortgeschrittene ist in Plön (Biol. Station), Lunz in Niederösterreich (Biol. Station), München (Biolog. Institut), Helgoland (Biolog. Station) und Neapel (Zoolog. Station). In Bergen (Norwegen) wird außerdem jährlich ein theoretischer und praktischer Kurs über Meereskunde abgehalten.

Die Freude an dem Studium der Kleinpflanzen hat sich auch ihre besonderen Zeitschriften geschaffen, von denen genannt sein mögen: die Hedwigia als Repertorium der gesamten Kryptogamenkunde, die Zeitschrift Mikrokosmos der Deutschen mikrol. Gesellschaft, das Archiv f. Hydrobiologie (soweit Planktonten in Betracht kommen); in Italien ferner die ausgezeichnete algologische Zeitschrift La Nuova Notarisia, in Frankreich die „Revue bryologique".

Eine ziemliche Anzahl von Anleitungen gibt Winke über die Erfahrungen im Sammeln, Präparieren und Untersuchen der Kleinpflanzen. Als solche nenne ich hier noch besonders, außer dem unentbehrlichen Leitbuche des Jüngers unserer schönen Wissenschaft, dem Botanischen Praktikum von Strasburger:

G. Lindau, Hilfsbuch für das Sammeln der niederen Kryptogamen. Berlin 1904.

E. Küster, Anleitung zur Kultur der Mikroorganismen. Leipzig 1907.

Mez, C., Mikroskopische Wasseranalyse. Berlin 1898.

Kirchner, O., Die mikroskopische Pflanzenwelt des Süßwassers.

Hager-Mez, Das Mikroskop und den von mir herausgegebenen Elementarkurs der Mikrologie, bearbeitet von zahlreichen Autoren.

Die letzteren vier Werke sind aber mehr für die Bedürfnisse des ersten Anfanges berechnet. Als Lehrbuch hierzu empfiehlt sich auch noch das leider schon in manchem veraltete Lehrbuch der Kryptogamen von F. Ludwig.

Die großen modernen systematischen Bestimmungswerke, welche ganze Gebiete umfassen, sind in:

Engler-Prantls Natürl. Pflanzenfamilien die voluminösen Bearbeitungen der einschlägigen Pflanzengruppen.

Das Standard-Werk der systematischen Kleinpflanzenkunde ist jedoch die Neubearbeitung von:

L. Rabenhorsts Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, in der bisher in Bd. I die Pilze in 8 Abteilungen von zahlreichen Verfassern dargestellt sind, in Bd. II die Meeresalgen von Dr. F. Hauck, Bd. IV die Laubmoose von K. G. Limpricht, Bd. V die Characeen von Prof. Migula, Bd. VI die Lebermoose von Dr. K. Müller.

Spezialbearbeitungen einzelner Gruppen sind geboten bisher von den Algen in:

G. B. De Tonis Sylloge Algarum. Für die Pilze in:

P. Saccardo, Sylloge Fungorum.

Eine zusammenfassende Physiologie der Algen bietet:

G. Oltmanns, Morphologie und Biologie der Algen. 2 Bde.

Für Pilze, Flechten und Moose fehlt eine derartige, für den Fortschritt der Wissenschaft sehr notwendige biologische Bearbeitung, denn De Barys Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze stammt schon aus dem Jahre 1884.

Die hier genannten Werke wurden zugleich bei Bearbeitung dieses Bandes verwendet, ohne besonders zitiert zu werden.

Sach- und Autorenregister.

* bedeutet Abbildung.

Acanthopus elongatus 20.
— residuus 20.
Acetabularia 263.
— mediterranea 265. 282.
Acharius, E. 442.
Achlya racemosa 344.*
Achnanthes 165. 176. .
— longipes 179.
— minutissima 165.*
Achorion Schönleinii 314.
Aecidium elatinum 431.
Actinomonas 55.
— mirabilis 56.*
— Kent 85.
Actinomyces bovis Harz 313.
Actinoptychus 180.
Aderhold 80.
Adria, Tange der 282.
Adventivsprosse 498.
Aegagropila Sauteri 277.
Agar-Agar 116. 309.
Agaricus melleus 320. 426. 427.* 430.*
— prunulus 376.
— silvaticus 376.
Akineten 214. 219.
Aktinomykosen 313.
Alaria esculenta 302.*
Alarien 301.
Albugo (Cystopus) candida 344.*
Alectoria-Heide 460.
Algen, als Blattparasiten 273.
—, Blütenbiologie der 286.
—, Fortpflanzung der 244.
—, Innenleben der 279.
—, Kopulation der 253.
—, Luftalgen 273.
—, Polymorphie der 231.
—, Reinkulturen von 233.
—, Reizverwertung der 259.
—, Reproduktionsvermögen der 286.
—, Riesenzelle der 285.
—, Selbstzerfall der 280.
—, sozialer Trieb der 247.
Algenzelle, Autonomie der 280.
Alinit 134.
Aeliomyces aureus 316.*
Alkoholase 359.
Amanita bulbosa 377.
— Caesareus 383.
— Muscaria 382.*
Amanitin 374.
Ammatoidea 153.
Amoeba proteus 28.*
— terricola 28.*
Amöbe als einfachste Lebensform 27.
Amphidinium 100.
Amphidium 488.*
Amphithrix ianthina 151.*
Amphora 180.
Amylonkerne 70.
Anabaena 156.
— circinalis 151. 160.
— oscillarioides 151.*
Anadyomene flabellata 265.*
— stellata 265.*
Anaptychia 449.
— ciliaris 450.*
Anchusa officinalis 396.
Ancylonema 195.
Andraea petrophila 478. 488.* 489. 491. 492.*
Aneura pinguis 476.*
Anisonema 78. 96.
— grande St. 78.*
Annulus, Definition des 332.
Anpassung als Zellenfunktion 489.
Anpassungen, Definition der 40.
Anpassungslehre, vergleichende 303.
Anpassungsmerkmal der Schwingfäden 157.
Antelminella 167.
Antheridien der Moose 483.
Anthithamnion Plumula 292.*
Anthoceros laevis 484.* 485. 491.*
— punctatus 485.
Anthophysa 55. 61. 81. 87.
— vegetans St. 54.*
Anthrakose 425.
Antikörper 123. 124.
Antitoxin 124.
Apfelbaumkrebs 418.
Aphanizomenon 155. 156.
— flos aquae 150.* 151. 160.
Aphanocapsa 147.*
— testacea 154.
Aphanothece 147.* 154.
Apiosporium salicinum 340. (Tafel).
Aplanogameten 244.
Aplanosporen 214. 244.
Apothezien 454.
Arachnoidiscus 170. 180.
— ornatus Ehr. 183.
Arbeitsteilung 31.
Archegoniaten 9. 485.
Archegonien der Moose 483.
Archidium phascoides 492.*
Arcyria incarnata (Tafel).
— punicea 327.
— — (Persoon) [Tafel].
— serpula (Massee) [Tafel].
Arnold, F. 442.
Arnoldia 453.
Arsenikpilz 370.
Artari 63. 247.
Artenbildung, Ursachen der 30.
Arthonia minutula 448.
Arthrodesmus 198.
— convergens 192.*
Arthrospira 152.
Arthrosporen 114.
Ascherich 421.
Ascherson 382.
Ascoglena vaginicola 29.
Ascophyllum 293.
— nodosum 299.*
Ascus, Definition des 339.
Aseroë rubra 333.*
Askenasy 246.
Askogonen 342.
Askolichenen 449.
Askomyzeten 338.
Askosporen 342. 360.
Aspergillus 370.
— Oryzae 370.*
Astasia 67. 95.
Asterionella 16.* 165. 177
Asterosiga radiata Zach. 87.*
Astrogonium 252.
Aethalium 348.
Atheia Zachariasi 24.*
Atheya 16.* 180.
Atmungspigmente 501.
Aufgußflora 67.
Augenfleck, Bau des 75.
— der Dinoflagellaten 98.
Aulacodiscus 180.
Auliscus 180.
Aulosira laxa 151.*
Ausleger der Planktonten 25.
Autonomie der Algen 216.
Autophyten 62.
Autotrophie der Zellen 66.
Auxiliar-Zellen 306.
Auxosporen 178.
Azidiosporen 396.
Bacillaria paradoxa 175.*
Bacillus 110. 127.
— acidi lactici Hueppe 134.
— Diphtheritidis 128.* 130.
— fluorescens liquefaciens 110. 111.
— -Formen 113.
— influenzae 128.*
— leprae als Aussatzerreger 132.
— pneumoniae als Erreger der kruppösen Lungenentzündung u. Genickstarre 132.
— prodigiosus 111.
— pyocyaneus 113.
— radicicola Bey. 134.
— subtilis C. 112.* 136.
—, Teilung und Sporenbildung des 113.*
— typhi Gaffky 129.
— — murium Löffl. 133.
— ureae 134.
— vulgaris 112.* 137.
Bacteriastrum 179. 180.
— radians Laud. 182.*
Bacterium 110. 127.
— Anthracis 128.*
— coli 129.
— Ellenbachensis 134.
— -Formen 113.*
— Termo 120.
Bakterien als Stickstoffsammler 128.
—, anärobe 120.
—, ärobe 120.
—, Bau der 110.
—, Bedeutung der 125.
— des Düngers 135.
— des Zahnbelages 137.
—, Geißelbeize 113.
—, grüne 119.
—, Lebensfähigkeit der 114.
—, Prophylaxe der 130.
—, Stichkulturen der 117.
—, Strichkulturen der 117.
—, Übertreibung der Bazillengefahr 129.
Bakterienlampe 121.*
Bakteriensysteme 109.
Bakteriologie, Geschichte der 116.
—, Methodik der 116.
Bakteriose der Tomatenfrüchte 141.*
Bambusina 196.
— Brébissonii 199.* 200.
Bangia atro-purpurea 305.
Barbula unguiculata 478.* 492.*
Bartflechten 466.
Bartramia 475.* 488.*
Basidiomycetes 352.
Batrachospermum moniliforme 307.*
Bauholzkrankheiten 436.
Baumkrätze 462.*
Baumpilze des Waldes 432.
Bazillaritazeen 161.
Bazillarien 162.
Bazillen, Involutionsformen der 113.*
Becherflechten 467.
Becherrost 429.
Bedürfnis als formbildender Faktor 23.
Befruchtung, oogame 244.
Beggiatoa 119. 138. 139.
— alba 119.*
Beggiatoazeen 138.
Behring 124.
Beiz-Verfahrens, Rezept des 401.
Benecke 80.
Bergh 98.
Bergmehl 189.
Bernard 409.
Berthold 305.
Beyerinck 64. 107. 232.
Biatora intumescens 457.
Bidduiphia 170.* 180.
Bier, alkoholfreies 368.
Biers, Krankheiten des 365.
Bikosoeca 87.
Bikoïdzinen 84.
Biologie Bildungswert der 6.
— des Wasserlebens 13.
Biologische Rassen 365.
— Station Lunz 517.
— — Plön 517.
Biologisches Institut München 517.
Birger, N. 446. 450. 453.
Bitter, G. 452.
Black-Rot 421.
Blasia pusilla 476.* 477.
Blattfleckenkrankheit 413.
— der Rübe 411.
Blattfleckenpilze 429.
Blattgrüns, Symbiosetheorie des 456.
Blaualgen, Verbreitung der 146.
Blepharocysta 100.
Blochmann 56.
Blutänderling 96.
Bluthostien 111.
Blutige Färbung des Wassers 96.
— Gewässer 260.
Blutorganismen 46.
Blutwunder 46.
Blyttia 499.*
Bodensees, Flora des 185.
Bodo caudatus 54.
— edax Kl. 89.
— saltans 88. 89.
Bodonen 84.
Boletus bovinus 379.
— bulbosus 378.
— edulis 378.
— luridus 378.
— luteus 379.
— Satanas 378.
— scaber 379.
Bonnevie 486.
Bordeauxbrühe-Rezept 425.
Borge, O. 193.
Bornet 152. 297.

Borzi 152.
Botrydium 277.
— granulatum 34.* 263.
Botrytis Bassiana 313.
— cinerea 428.
Brachionus quadratus, innerer Bau von 35.*
Brachythecium populeum 502.
— salebrosum 502.*
Brakteolen 286.
Brand des Getreides 429.
Brandhefen 362.
Brandſporen 402.
Braun, A. 192. 240. 245. 247. 284.
Brefeld 335. 360. 402.
Brunnenfaden 188.
Bruſttee 463.
Brutknoſpenbildung 454. 499.
Brutlinſen 479.
Brutſchrank 115.*
Bryhn 508.
Bryopogon 463.
— jubatum 466.
Bryopsis 263.
— cupressoides 265.*
— plumosa 282.
Bryothek 471.
Bryum alpinum 502.*
— argenteum 502.*
— capillare 502.
— caespiticeum 502.*
— inclinatum 487.
Buchner, E. 358.
Bulbillen 286.
Bulbochaete 274.*
Buellia 458.
Bumilleria 263.
Bütſchli, O. 84. 110. 148.
Butterpilz 379.
Buxbaumia aphylla 479.
Bythotrepheskrebschen 20.

C ſiehe auch K und Z.

Callithamnion corymbosum 292.*
Calypogeia trichomanis 493.* 494.
Camerer, K. J. 6.
Camptothrix 153.
Campylodiscus 174.* 180.
Cantharellus aurantiacus 379.
— cibarius 379.
Capillitium 348.
Capnodium (Fumago) salicinum 413.
Carpogonium 306.
Carteria 236.
— multifilis 250.* 251.
Caulerpa 263.* 280.
— prolifera 280. 281.*
Centricae 165. 171.
Cephalothamnium St. 54.* 87.
Ceramium 305.
— Deslongchampii 292.*
— rubrum 292.* 293.
Ceratiomyxa 348.
Ceratium 19. 53. 102. 156.
— candelabrum 102.*
— cornutum 25.*
— furca 102.*
— fusucs 101.
— hirundinella 24.*
— tripos 101.
— —, Schwebeſtangen von 26.*
Ceratodon 481.
— purpureus 492.
Ceratoneis arcus 184.*
Cercomonas termo St. 85.* 86.
Cercospora Apii 419.
— beticola 410.*
Cetraria 459. 462.
Cetraria islandica 440. 466.*
Chamaesiphon 150. 156.
— confervicola 151.*
Chamaesiphoneae 152.
Chamäſiphoneen 154.
Champignonkultur 376.
Chantransia corymbifera 307.*
Chara aspera 286.
— crinita 284.* 288.
— foetida 286.
— fragilis 284.*
— — Samenfäden der 287.*
— stelligera 284.* 285.
Characium 232.* 240.
— Sieboldii 232.*
— subulatum 232.*
Characeen 283.
Charagin 284.
Charinnia diplodiella 426.
Chaeromyces 380.
— maeandriformis 382.
Chaetoceras 179.
Chaetomorpha aerea 276.
Chaetophora 271.
Chaetophoraceae 272.
Chilodon cucullulus 31.*
Chilomonas 57. 67. 81. 93.
Chlamydobakteriaceen 138.
Chlamydoblepharis 252.
Chlamydomonaden, Stammbaum der 229.*
Chlamydomonas 249.
— De Baryana 254.*
— Pulvisculus 250.
— tingens 250.* 254.
Chlamydosporen 337.*
Chloramoeba 90.
Chlorangium stentorinum 260.*
Chlorella 233. 347.
Chlorella-Frage 235.
Chlorellen 236. 456.
Chlorochytrium Lemnae 237.
Chlorocystis 237.
Chlorodendron 260.
Chlorogonium 249.
— euchlorum 253.*
Chloromonaden 84. 89.
Chloromonadinen 63.
Chloromonas 251.
Chlorophyllhaltige Tiere 234.*
Chlorophyceen — ſ. Grünalgen.
Chlorose 437.
Chlorosphaera limicola 238.
Chodat, R. 231. 238.
Chodatella 245.
Cholerabazillus, Stichkultur des 116.*
Chondrioderma difforme 324.
Chondromyces 324.
Chondrus crispus 309.
Chromatium Okenii 119.* 139.
Chromatophoren, Definition der 55.
Chromulina 83. 84. 90.
— Rosanoffii 91.*
Chroococcaceae 154.
Chroococcus 147. 148.*
— turgidus 154.
— -Zelle, Variabilität der 152.
Chrookokkaceen 154.
Chrookokken 148.
Chroolepus 272.
Chrysamoeba 55. 84.
— radians 91.*
Chryſochrom 70.
Chryſomonaden 90.* 91.
Chryſomonadinen 63.
Chrysopyxis 91.
Chytonoblaſten 105.
Chytridium 321.
— Mesocarpi 323.*
— vorax 325.
Cienkowski 231.
Citharistes 100. 101.
Cladina-Heide 460.
Cladochytrium 329.
Cladomonas 61.
Cladonia 447.* 454. 459.
— fimbriata 467.
— pyxidata 442. 445.*
— rangiferina 440. 466.*
Cladophora 76. 263. 271.* 276.
— Aegagropila 276.
— fracta 34.* 276.
— glomerata 276.
Cladosporium herbarum 340.
Cladothrix 115.
— dichotoma 136.* 138.
Clastidium setigerum 151.*
Clathrocystis 148.
— aeruginosa 155.* 156.
Clathrus cancellatus 333.*
Clavaria 384.
Claviceps purpurea 404.* 405.
Closterium 196.
— acerosum 196.
— juncidum 196.
— Lunula 196.
— moniliferum 196.
— parvulum 196. 208.*
— rostratum 196.
Cocconeis 180.
— Pediculus 165.*
Cocconema Cistula 165.*
Codium tomentosum 263. 281.* 282.
Codonocladium 61.
— umbellatum St. 86.*
Codonosiga 61. 87.
— Botrytis St. 86.*
Codosiga 53.
Cohn, F. 47. 247.
Colacium 61. 95.
— vesiculosum 29.*
Coelastrum 237. 245.
— microporum 240.*
Coleochaete 475.
— divergens 275.
— orbicularis 275.
— pulvinata 271.*
— scutata 271.* 275.
— soluta 275.
Coleothrix methystes 363.
Collema 442.*
— pulposum 445.*
Colletonema 177. 181.
Collodictyon triciliatum Cart. 65.*
— —, Lebensweiſe des 64.
Collybia Schii-Take 373.
Coelomonas 90.
Coelosphaerium 147.*
— Kützingianum 155.* 156.
Conferva 263.
— bombycina 264. 270.
— — var. minor 271.*
— fontinalis 74.
Coniophora cerebella 434.
Coniothyrium 426.
Coenobium 33. 224. 240.*
Contagium vivum 104. 107.
— — fluidum 107.
Coprinus 385.
— porcellanus 385.*
— stercorarius 319.*
Cora 449.
Corallina-Algen 309.
— mediterranea 297.*
— officinalis 292.*
— rubens 292.*
Corda, A. 335.
Cordyceps 338.
— cinerea 338.
— militaris 338.
— sphecocephala 338.
Cordylophora lacustris 20.
Correns, C. 479.
Corsinia 495.
Coscinodiscus 170.* 177. 180. 183.
Cosmarium 194.*
— Botrytis 193.*
— turgidum 199.*
Cosmocladium 196. 211.
— saxonicum 198.*
Costia necatrix 89.
Cothurniopsis astaci 31.*
Coupin, H. 381.
Crebner, K. 20.
Crenothrix 115.
— polyspora 136.* 138.
Cribraria aurantiaca [Schrad.] (Tafel).
— intricata (Tafel).
Cruoria pellita 292.*
Cryptogamia 7.
Cryptomonas 67.
— cyana 68.
— erosa 68.
— ovata 68.
— —, innerer Zellenbau der 94.*
Cyathomonas truncata 88.* 89.
Cyathophorum bulbosum 480.*
Cyclops coronatus 25.*
Cyclotella comta 177.
Cylindrocystis 211.
— Brébissonii 195.
Cylindrospermum 151.*
— stagnale 160.
Cymatopleura Solea 184.*
Cystococcus humicola 233. 449.
Cystopus candidus 419.
Dactylosphaerium radiosum 26.*
Dactylothece Braunii 240.*
Daltonia contorta 480.*
Dangeard 249.
Daphnia longispina 37.*
Darwin 301. 308.
Dasycladus clavaeformis 281.*
Dasykladaceenkalk 282.
De Bary, A. 201. 216. 361. 392. 400.
De Barya 220.
Degeneration 389.
Dematium pullulans 337.*
Dendromonas 61. 87.
— virgaria St. 62.
Derbesia Lamourouxii 281.* 282.
Desmidiaceen 192.*
—, Chromatophoren der 203.
— Gallertbildungen der 199.*
— Porenorgane der 199.*
—, Schalenbau der 201.
—, Zellhaut der 199.
Desmidieen. Formenreichtum der 197.
—, Kopulation der 209.
—, Syſtem der 211.
—, Vorkommen der 195.
—, willkürliche Bewegungen der 207.
—, Zellteilung der 208.*
Desmidium 211.
— Grevillii 200.*
— Swartzii 198.*
De Wildemann 238.
Diaptomus gracilis 24.*
Diaſtole 76.
Diatoma 180.
— vulgaris Bory. 184.*
Diatomaceen — ſiehe Kieſelalgen.
Diatomeen als Geſteinbildner 17.
—, farbloſe Formen der 64.
—, Lichtanpaſſung der 166.
Diatomeenerde 15.* 188.
Diatomin 167.
Dichothrix Orsiniana 151.*

Dickieia 181.
Dicranum scoparium 504.*
Dictyoneis 181.
Dictyophora phalloidea333.*
Dictyosphaerium 245.
— Ehrenbergianum 240.*
Dictyota dichotoma 302.*
Didymium nigripes (Tafel).
— Serpula 328.*
— squamulosum 327.
Didymoprium 209. 212.
Dillenius, J. J. 447.
Dimorpha 55. 85.
— mutans 56.*
Dinobryon 81. 90.
—, Gehäuse von 92.
— sertularia Ehrb. 57.*
Dinoflagellaten 53. 58. 97.
—, Augenfleck der 98.
—, Schalenbau der 60.*
Dinophysis 100.
Diözie 274.
Diphtherieserum 130.
Diplococcus 110.
Diplokokken 113.*
Dipioneis 174.*
Diplosiga Entzii 86.*
Diplosigopsis socialis 86.*
Discomycetes 351.
Diskolichenen 449.
Dispositionstheorie 123.
Distichophyllum spathulatum 480.*
Distomatinen 63.
Dizoeniden 107.
Docidium 196.
Dobel, A. 268.
Draparnaldia 263.
— glomerata 271.*
Drebsche 294.*
Drehwüchsigkeit der Kiefern 481.
Dujardin 56. 57.
Dumontia filiformis 292.* 293.*
Dunbar 238.
Ectocarpus confervoides 297.
— siliculosus 293.* 297. 305.
Edelfäule 428.
Ehrenberg, C. Chr. 16. 22. 46. 49. 57. 83. 88. 95. 162. 168. 164. 167.
Ehrlich 124.
Eierschwamm 379.
—, falscher 379.
Einzeller, angebliche Unsterblichkeit der 88.
—, gesteinbildende 17.*
Eisenbakterien 120.
Ektokarpeen 177.
Elaphomyces 381.
— granulatus 382.
Elateren der Moose 485.
Elektion der Zelle 66.
Elementareigenschaften des Lebens 26.
Empfängnisfleck 280.
Empfindung als Elementareigenschaft des Lebens 28.
— bei Purpurbakterien 140.
Encyonema prostrata 165.*
Endosaprophytismus 446.
Endosphaera 237.
Endosporen 114. 244. 360.
Engelmann 76. 79. 119. 148.
—, Bakterienmethode 120.
Engler, A. 226.
Englers System 8.
Enteromorpha 263.
— intestinalis 276.
Entosiphon 96.
— sulcatum St. 83.*
Entwicklung, Bedingtheit der 22.
—, Ursachen der 22.
Entz 69. 77. 83. 235. 239.
Entz, G. jun. 98.
Enzyme 121.
Eomyces Criéanus 347.
Ephebe 449.
— pubescens 442. 454.*
Ephemeropsis tjibodensis 496.*
Epiphyllen 458.
Epiphyten 463.
Epithek 169.
Epithemia turgida 165.*
Erdkrebs 426.
Erdlichenen 458.
Erdorseille 465.
Ergotismus 405.
Eriksson, J. 392. 424.
Erysiphe graminis 407.
Euastrum 194.*
— ansatum 194.*
— bidentatum 194.*
— Botrytis 194.*
— convergens 194.*
— crenatum 194.*
— crenulatum 194.*
— depressum 194.*
— dubium 194.*
— Hassallianum 194.*
— integerrimum 194.*
— margaritiferum 194.*
— polygonum 194.*
— protractum 194.*
— rupestre 194.*
— tetragonum 194.*
— Ungerianum 194.*
Eudorina elegans 82.*
Euglena 57. 95.
— acus 29.*
— deses 29.*
— Ehrenbergii 29.*
— gracilis 80.
— —, hyaline Form der 63.
— minima 29.*
— sanguinea 96. 156.
— spirogyra 29.*
— viridis 69. 75. 94.
Euglenen, Bau der 68. 69.
—, Membrantrichter der 69.
—, soziale Formen der 61.
—, Zellhaut der 55.
Eugleninen 63. 94.
Eu-Navicula 181.
Eunotia 165.
— tetraodon Ehrb. 184.*
Eupiotes Charon 31.*
Eutreptia 77. 95.
Evernia 449. 459. 463. 467.
— prunastri 451.* 463.
Exkretkörnchen 77.
Exoascus deformans 413. 414.*
— pruni 415.
Exosporen 244.
Experimentellen Morphologie, Definition der 498.
Exsikkatensammlungen 471.
Fabronia sphaerocarpa 480.*
Fadenbakterien 115.
Falck, R. 435.
Famintzyn, A. 455. 456.
Färberflechte 465.
Fäulnis, Haupterreger der 137.
Fechner-Weberſches Gesetz 325.
Fegatella 475. 494.
— conica 491.*
Filarszky 496.
Fimbriaria 499.*
Fisch F. 67.
Fischer, A. 77. 109. 148. 192. 208.
Flagellaten 46.
—, arthrodele 59.
—, Assimilationsorgane der 68.
—, Atmung der 74.
Flagellaten, Bau der 55.
—, Empfindungsbewegungen der 79.
—, Fortpflanzung durch Teilung 82.
—, Geißelbeize der 113.
—, Lichtempfindung der 79.
—, Lichtsinnesorgane der 77.
—, natürliche Gruppen der 84.
—, Palmellastadium der 82.
—, Parallelformen der 67.
—, parasitäre 71.
—, Stiel- und Gehäusebildungen der 62.*
—, Tastempfindung der 78.
—, Tastorgan der 77.
—, Urteilsfähigkeit der 80.
—, Vakuolen der 76.
—, Vorkommen der 51.
—, Zystenzustand der 83.
Flahault 152.
Flechten 350.
—, Algenbestandteile 449.
— als Florenelement 446.
— als Nahrungsmittel 462.
— als Vegetationsform 440.
— als Vegetationsvorbereiter 461.
— als Zaubermittel 464.
—, altes und neues System der 457.
—, Bedeutung der 460.
—, feinerer Bau der 453.
—, Formen als Bedürfnisanpassungen 451.
—, Fortpflanzung der 453.
—, Lebensdauer der 448.
—, Lebensweise der 458.
—, Lichtgenuß der 421.
—, Lichtschutzeinrichtungen der 451.
—, Orientierungsbewegungen der 452.
—, Soredienbildung der 455.
—, Vorkommen der 441.
Flechtenbrod 462
Flechtenfarbstoffe 465.
Flechtenfrage 237.
Flechtenheiden 458.
Flechtensäuren 465.
Flechtentheorie 443.
Flechtentundra 459.*
Fleckenkrankheit der Buschbohnen 419.
Fliegenpilz 373.
Fliegenschwamm 382.
Florideen 296.
Flotow 46.
Fomes annosus 330.*
— fomentarius 378.
Fontinalis antipyretica 488.* 492.*
Fragilaria 165. 177. 180.
Francéia 245.
— radiata 232.*
Fries, E. M. 335.
—, Th. 457.
Froschlaichpilz 127.
Frostkrebs 416.
Frullania 484.*
— dilatata 495.*
Fruktein 166.
Fucus 293.
— vesiculosus 299.*
— virsoides 295.
Fukazeen 297.
Fuligo septica 324.
Fumago salicina (Tafel).
Funaria hygrometrica 478.* 482.* 487.* 492.
Fungi imperfecti, Definition der 337.
Funktionelle Selbstgestaltung 25.
Furcellaria 293.
Furcellaria fastigiata 292.*
Fusarium 419.
— Solani 409.
Fusicladium dendriticum 415.
— pyrinum 414.* 415.
Galbukow 149. 298.
Gallertporen 176.
Gametangien 244.
Gametangium 273.
Gametophyten 244.
—, Definition der 485.
Gärung 327. 358.
—, Chemismus der 359.
— des Optums 370.
—, Krapp 370.
—, Lackmus 370.
—, Roturindigo 370.
— Orseille 370.
—, psychistische Theorie der 364.
Gasteromycetes 352.
Gasteromyzeten 333.
Geaster 333.
Gefäßkryptogamen, Definition der 483.
Gehäuse von Dinobryon 92.
Geißelamöbe 84.
Geißelzellen, Gehäuse der 57.
—, Schalenbildungen der 57.
Generationswechsel 297.
Genicularia 196. 212.
— spirotaenia 200.*
Georgia pellucida 479.
Gerassimow, J. 215.
Getreidekrankheiten, Bestimmungstabelle der 407.
Gewebebildung, Typen der 33.
Giftreizker 384.
Gigartina 309.
Gitterrost 415.
Gleba, Definition der 334.
Globaria Bovista 329.
Gloeocapsa 147.* 148.
Gloeochaete 153.
Glöokapsen 154.
Gloeosporium ampelophagum 425.
— Lindemuthianum 419. 420.*
Gloeothece 147.*
— confluens 154.
Gloeotrichia natans 151.*
Glossina fusca 74.*
palpalis 73. 74.*
Gnomonia leptostyla 413.
Goebel, K. 156. 494. 496. 496. 503. 516.
Goldener Schnitt 185.
Goldpflanze des Wassers 90.
Golenkin, M. 494.
Gomont 152.
Gomphonema 177.
— acuminatum 176.*
Gomphosphaeria 165.
Gonatonema 213.
Gonatozygon 211.
— Brébissonii 200.*
— Ralfsii 200.*
Gongrosira 272.
Gonidien 443.
Goniodoma acuminatum St. 59. 60.* 101.
Gonium 249.
— pectorale 32.* 251.
Gonorrhoeae, Bazillus 127.
Göppert 434.
Goroschankin 249.
Gosslériella 184.
Grammatophora 186.
Graphis 272. 442.
— scripta 445.* 466.
Grenzzellen 153.
Grimmia 488.*

[illegible]

Kraspedomonaden 57.
—, Bau der 58.
Krebs 167.
Krebskrankheit 413.
Kranzhaaralge 249.
Krebs der Obstbäume 417.
— der Rosen 414.
— der Weißtannen 431.
Krempelhuber 442.
Krebskrankheit 404.
Krombholz 335.
Krüger, W. 347.
Kryptomonaden 93.
Kryptomonadinen 63.
Kuckuck, M. 106.
Kugelbakterien 125.
Kugelhefe 370.
Kühn, J. 400.
Kulturpflanzen, Degeneration der 389.
Kunstformen der Natur 16.
Künstler 57. 69. 77. 93.
Kupferammoniakbrühe 225.
Kupferkalkbrühe 409.
Kupfersalze, physiologische Wirkung der 401.
Kupferschwefelkalk 422.
Kupfersodabrühe 425.
Kützing, Fr. T. 162. 163.
Laboulbenia 343.
— europaea 344.*
Lackmusflechten 465.*
Lackmuspapier 464.
Lactarius 331.
— deliciosus 334.
— piperatus rufus 373.
— torminosus 334.
— volemus 334.
Lactuca 268.
Lagenidium 321.
— Rabenhorstii 323.*
Lagerheim, G. 259.
Lagerpflanzen 109.
Lamarckismus 216.
Laminaria Cloustoni 300.*
— digitata 293. 301. 302.*
saccharina 293. 302.* 309.
Lampert, K. 45.
Lärchenrost 431.
Laubalgen 267.
Laubmoose, System der 491.
Lauterborn 176. 178. 236.
Lebensanalogien im Unbelebten 106.
Lebensfunktionen, elementare 26.
Lebensgesetze, natürl. 223.
—, soziale 223.
Lebensproblem, physiologisches 20.
Lebermoose, foliose Formen der 482.
—, frondose Formen der 482.
—, Ölkörper der 501.
—, Regenerationen der 499.*
— Sporogone der 485.
Lecanora sordida 467.
Lederbeeren 422.
Leeuwenhoek 95.
Lemanea torulosa 307.*
Lemmermann 33.
[illegible]

Leucobryum glaucum 492.*
Leucodon sciuroides 488.* 492.*
Leukoplasten 67.
Leukosin 90.
Leydig 37.
Liasmarmor, Dünnschliff durch 17.*
Lichenin 462.
Lichenismus 457.
Lichtempfindung der Flagellaten 79.
Lichtschutzeinrichtungen der Flechten 451.
Lichtsinnesorgane der Flagellaten 77.
Limnocythere 20.
Lindau, G. 458.
Linné, K. v. 5.
Lipoplasten 98.
Lithoderma 307.
Lithophyllum 301.
Lithothamnion 309.
— polymorphum 292.*
— Sonderi 292.*
Lohporenschwamm 435.
Lophodermium pinastri 431.
Lophomonas 78.
— Blattarum 71.*
Lorcheln 380.
Löske, H. 494.
Lottner 112.
Ludwig, F. 347.
Luisenburg 497.*
Lunularia 499.
Lütkemüller, S. 192. 199.
Lycogala epidendrum 327.
Lycoperdon caelatum 332.*
Lyngbya 148. 152. 157.
— aestuarii 149.*
Macrocystis Humboldtii 302.*
— luxurians 302.*
Macrophoma malorum 417.
Madotheca platyphylla 491.*
Maja 295.*
Makrogameten 244.
Makrozoosporen 269.
Mallomonas 53. 90.
Manginia 425.
Mannaflechte 463.
Manubrium 287.
Marchantia 484.* 485.
— polymorpha 475. 476.*
Marsonia Juglantis 413.*
Mastigamoeba F. E. Sch. 84.
Mastigocladus 156.
Mastogloia Smithii 184.*
Mastoneis 181.
Matruchot 64.
Meeresleuchten 100.
Meersalat 263.
Megastoma 89.
Melampsora tremula 431.
Melampyrum pinitorquum 431.
Melobesia membranacea 292.* 309.
Melosira 177. 179. 180.
Meltau, echter 429.
—, falscher 429.
Meltaupilze 415.
Membrantrichter der Euglenen 69.
Mergellager aus Diatomeen 17.
Meridion 180.
— circulare 184.*
Merismopoedia 110. 147.* 148.
— elegans 156.
Merulius lacrymans 314.* 330.* 434.*
— silvester 435.
Mesocarpaceae 220.
Mesotäniazeen 202. 211.
Mesotaenium Amaliae 195.
— Braunii 193. 195.
— caldariorum 195.
Meteorpapier 277.
Metschnikoff 124.
Metzgeria 475.
— furcata 493.
— pubescens 476.*
Micrasterias Crux Melitensis 191. 192.*
Microchaete tenera 151.*
Micrococcus 125.
— cinabarinus 111.
— cyaneus 111.
— Gonorrhoeae 126.*
— haematodes 111.
— luteus 111.
— (Photobacterium) phosphoreus 121.
— prodigiosus 111.
— pyogenes aureus 126.
— viniperda 127.
— violaceus 111.
Microcoleus 157.
Microcystis Flos aquae 155. 156.
Microdictyon Montagneanum 265.*
Microspira 137.
— Comma 112.* 137.
— rugula 137.
Microspora 263.
— amoena 271.*
— furfur 314.
Migula, W. 109. 284. 494.
Mikroflora, Sammelzeiten der 15.
Mikrogameten 244.
Mikrokokken 113.*
Mikrologie, Bildungswert der 36.
Mikrologische Gesellschaft, Deutsche 44. 517.
Milchschwamm 384.
Millardet 167. 423.
Milzbrandbazillus 128.
Minks, A. 457.
Mischococcus 242.
Mittelmeers, Tange des 282.
Mixotrophie der Zellen 66.
Mneme 339.
Mnium 492.
— undulatum 492.*
Molisch, H. 120. 139. 148. 167. 430.
Möller, A. 180. 334. 449.
Monaden 84.
—, Nahrungsvakuole der 75.
—, soziale Formen der 61.
Monadinen 84.
Monas 87.
— Crepusculum 88.*
— Okenii 119.
— vivipara Ehrb. 56.* 86.
Monilia krankheit 417.* 418.
Monilia laxa 418.
Monismus des Lebens 18.
Monoblepharis sphaerica 344.*
Monosiga ovata 86.*
Monospora 365.
Monostroma bullosum 276.
Monotus 20.
Monözie 274.
Moorausbruch 515.
Moore 511.
—, Verbreitung der 515.
Moorkultur, Geschichte der 515.
Moorversuchstationen 516.
Moorwehen 515.
Moosblüte 480.
Moosdecke, Bedeutung der 506.
Moose 284.
—, Adventivsprosse der 498.
— als Allophyten 496.
— als Autophyten 496.
— als Bodenvorbereiter 509.
Moose als Epiphyten 493.
— als Moorbildner 511.
— als Saprophyten 494.
—, Anatomie der 483.
—, Anleitung zum Studium der 492.
—, Bau der Sporogone 485.
—, Bedeutung der — für den Haushalt der Natur 506.
—, Biologie der 493.
—, biologische Einteilung der 496.
—, Blütenbiologie der 503.
—, Brutknospen der 479.
—, Dorsiventralität der 499.
—, entomophile 503.
—, Ernährung der 493.
—, Farbstoffe der 501.
—, Generationswechsel der 484.
—, Geschlechtsorgane der 483.
—, hygrophile Anpassungen der 495.*
—, Insektenfang der 494.
—, Kormusbildung der 477.
—, Lichtgenuß der 496.
—, Morphologie der 480.
—, Mykorrhiza 494.
—, Peristom der 489.
—, Reflektoren der 497.
—, Regenerationsfähigkeit der 479.
—, Spermatozoiden der 487.
—, System der 491.
—, Vorkeim der 478.
—, Wassersäcke der 495.
—, xerophile Anpassungen der 481. 495.
Moosflora des Waldes 505.
Moosfrüchte 488.
Moosheiden, Flora der 508.
Moossteppe 508.
Moostundra 509.
Mooswald 506.
Morchella conica 379.
— esculenta 379.
— patula 379.
Morin 506.
Mosaikkrankheit der Tabakpflanzen 107.
Mougeotia 213.
—, Abstoßen kranker Zellen der 217.
— calcarea 216.*
— genuflexa 214.* 220.
— laetevirens 220.
— parvula 220.
Mucor 318.* 370.
— stolonifer 317. 344.*
Müggelsee, Wasserblüten im 156.
Müller, H. 41.
—, K. 494. 495. 500. 503.
—, O. 170. 171. 175.
—, O. Fr. 162.
— -Thurgau, H. 363.
Münden, M. 105. 238.
Mundleiste 75.
Mustarbine 313.
Mustarin 374.
Mufferon 376.
Mutinus caninus 334.
Mutterkorn 404.
Mycelium 318.
Mykoplasma 329.
Mykoplasmatheorie 397 399.
Mykorrhiza 313. 379. 494.
Myxamöben 324.
Myxobakterien 109.
Myxomyzeten 348.
—, Ernährung 321.
Myxel 328.
Nägeli, C. 47. 147. 152. 154. 195.
Naegeliella 93.
Nahrungsvakuole der Monaden 75.
Narrenzweischgen 414.*
Natur, Einheit der 18.
Naturindigo 370.
Natürliches System 7.
Naturreligion 205.
Navicula 64. 171. 180.
— appendiculata 165.
— cryptocephala 181.
— mutica 181.
— oblonga 165.
— ostrearia 167.
— placentula 181.
— radiosa 181.
— typica 181.
— var. intermedia 181.
— — lanceolata 181.
Nebenfruktifikationen, Definition der 337.
Nectria 342. 431.
— cinnabarina 430.*
— ditissima 416.
Němec, B. 452.
Nereocystis Lütkeana 301. 302.*
Neusiedlersees, Flora des 19.
Nitella 283.
— cernua 285.
— flexilis 285.*
— mucronata 288.
— syncarpa 286. 288.
Nitragin 134.
Nitrifikation 118.
Nitrosomonas 135.
— europaea Winogr. 119.*
Nitzsch 187.
Nitzschia 64. 180. 184.*
— amphioxys 184.*
— sigmoidea 167.
Noctiluca miliaris 100.*
Nordsee, Tange der 282.
—, Tangflora der 307.
Nordstedt 193. 284.
Nostoc 443. 454.*
— commune 159.
— sphaericum 145.*
Nostocaceae 159.
Nostokazeen 154.
Nuklein 70.
Nullporen 309.
Nullporenbänke 295.
Obstkrankheiten 414.*
Ochrolechia tartarea 446. 465.
Ochromonas 90. 91.
Oedocladium protonema 263.
Oedogonium 263. 268.*
Odontidium hiemale 175.
Oidium, Definition des 338.
Oikomonas 55. 83.
— Termo 88.* 89.
Olpidium 321.
Oltmanns 80. 199. 206. 216. 227. 252. 300. 493.
Omphalaria 449.
Onychonema 212.
Oogame Befruchtung 244.
Oomyzeten 345.
Oosphäre 244.
Opegrapha atra Pers. 466.
— varia 448.
Ophidomonas jenensis 139.
Ophiobolus graminis 406.* 407.
— herpotrichus 407.
Ophiocytium 270.
— majus 272.*
Organbegriff 28.
Organismen als historische Wesen 20.
Organismenbildung, Teleologie der 246.
Organismus als Synthese 30.
Organs, Definition des 332.

Ornithocercus 98. 100.
— magnificus St. 102.*
Orseille 465.
Oscillatoria 154.
— brevis, Wabenbau der 149.*
— tenuis 149.*
Oscillatoriaceae 148.
Ostsee, Tange der 282.
—, Tangflora der 307.
Oszillarien 146.
Oszillatoriazeen 154. 156.
—, Anpassungsmerkmale der 157.
Oszillatorien 148.
— als Erdbildner 158.
Oettli, M. 461. 510.
Overton 75.
Padina 295.
— pavonia 302.*
Palla 207.
Palladin, W. 501.
Palmella 231.
Palmellastadium 231.
— der Flagellaten 82.
Palmellazeen 230.
Palmellen 254.
Pandorina 249.
— Morum 32.* 251.
Pantheismus 209.
Pantostomatinen 63.
Panzerzellen 58.*
Parallelformen der Flagellaten 67.
Paramäzien 76.
Paraphysen 342. 487.
Parasiten 62.
Parasolpilz 384.*
Parmelia imbricaria 445.*
Parthenogenesis 217. 288.
Parthenogonidien 256.
Pasteur 105. 361.
Patellariazeen 458.
Paul, H. 493. 500.
Pediastrum 34. 240.
— angulosum 241.*
— asperum 241.*
— brachylobum.*
— granulatum 245.*
— Rotula 34.* 241.
— vagum 241.*
Pellia 484.*
— epiphylla 476.*
Pelomyxa radiosa 28.*
Peltigera 441.
— aphthosa 452.
— canina 452. 466.
Penicillium aureum 316.* 317.
— brevicaule 370.*
Penicillus capitatus 282.
Penium 196.
— digitus 198.*
Pennatae 165. 171. 186.
Peranema 78. 95.
— trichophorum 96.
Peridie, Definition der 333.
Peridiniazeen 58. 59. 99.
—, Schalenbau der 59.
Peridinium 156.
— acuminatum 60.*
— divergens 100.
— micans 100.
Peristombildungen 488.*
Peristoms, Bau des 489.
Perithezien 340.
Peronosporakrankheit 421. 423.
Peronospora Schachtii 411.
Persoon 335.
Pertusaria 442.
— communis 445.* 466.
Petalomonas 96.
Petrocelis Hennedyi 292.*
Pettenkofer 138.
Peyssonelia 292.* 301.
Peziza 351.
Pfeffer, W. 66. 252.
Pfefferling 379.
Pfitzer, E. 168. 170.
Pflanzenhygiene, Grundzüge der 429.
Pflanzenkrankheiten 388.
—, Bakteriose 141.
—, biologische Ursache der 437.
— der Gemüse 419.
— im Garten 428.
—, innere Therapie der 436.
—, Literatur der 438.
—, Schaden der 420.
—, Sortenwahl als Schutz bei 409.
Pflanzenpsychologie, Beweise der 403.
—, kausale Methode der 499.
Pflanzenschutz 421. 437.
Phacotus 249.
— lenticularis 251.*
Phacus 95.
— alata 29.
Phaeococcus 93.
Phaeocystis 93.
Phagozytentheorie 124.
Phalacroma 100.*
Phalansterium digitatum St. 86.*
Phallin 374.
Phallus impudicus 374.*
Phäophyll 168.
Phäophyzeen 296.
—, System der 306.
Phaeothamnion 93.
Pholiota mutabilis 376. 384.
Phoma Betae 411.
Phormidium 152 157.
— laminosum 146.
— subfuscum 149.*
Phycomyces 325.
— nitens 344.*
Phykoërythrin 298.
Phykomyzeten 343.
Phykophäin 298.
Phykozyan 148.
Phyllactinia suffulta 415.
Phyllaria bulbosa 301.
Phyllobium incertum 237.
Phyllosticta 413.
Phymatodocis 195.
Physarum virescens 327.
Physcia 448.
— parietina 445.* 454.* 466.
Physiotium 494.
Physma 454.*
— chalazanum 453.
Physoden 166.
Phytopathologie 389.
Phytopathologische Institute 390.
Phytophthora infestans 386. 408.
Phyto-Plankton des Plöner Sees 19.*
Pichia 365.
Pigmentauge 75.
Pigmentflecke 252.
Pilobolus crystallinus 326.
Pilzblumen 333.*
Pilzbrut 378.
Pilze, Abstammung der 351.
— als Fischfeinde 318.
— als Sanitätswache des Waldes 339.
—, Anatomie der 331.
—, Bedeutung der 313.
—, Bedeutung der — für den Naturhaushalt 353
— der biologischen Technik 357.
—, Erkrankung durch 326.
—, Ernährung der 317.
—, eßbare 372.
—, fossile 329. 354.
—, Geschlechtsakt der 338.
—, Geschlechtsorgänge 343. 344.* 445.
Pilze, giftige 372.
—, Innenleben der 335.
—, Kennzeichen der eßbaren 375.
—, Kunstformen der 341.*
—, Lebensformen der 319. 329.
—, Lebensweise der 317.
—, Leitungssystem der 331.
—, leuchtende 320.
—, Literatur der 356. 371. 385.
—, Nährwert der 372.
—, Reizverwertungen der 323.
—, Schauapparate der 334.
—, Schwärmsporenbildung der 346.*
—, Stammesgeschichte der 343. 345. 347.
—, Stoffwechsel der 327.
—, System der 349. 351.
—, tierische Ernährung der 321.
—, Wahlfähigkeit der 325.
Pilzgallen 403.
Pilzgifte 375.
Pilzkrankheiten der Obstbäume 412.
Pilzvergiftung 375.
Pilzwurzel 379.
Pinnularia viridis 167.
Plagiochila asplenioides 476.*
Plankton 15. 90.
Planktonflora 165.
Planktoniella 180. 184.
Planktonkieselalgen 185.
Plankton, Zusammensetzung des 19.
Planogameten 244.
Plasmaströmung 286.
Plasmodien 278.
Plasmodiophora Brassicae 419.
Plasmodium 328.
Plasmopara viticola 423. 424.*
Plattensee, Flora des 19.
Platydorina 252.
Platysma-Heide 460.
Plectonema 158.
Pleodorina 252.
Pleomorphie 338.
Pleura 170.
Pleurenterium 212.
Pleurocladia lacustris 308.
Pleurococcus vulgaris 240.*
Pleurokokkazeen 230.
Pleurosigma 167. 180.
— angulatum, Schale von 172. 173.*
— attenuatum 165.*
— -Rosette 187.*
Pleurostauron 181.
Pleurotaeniopsis 202. 212.
— turgidus 198.*
Pleurotaenium 196.
— Trabecula 193.*
Pleurotus 384.
Plocamium 301.
— coccineum 293.
Plön, biologische Station 43.
Plöner Sees, Flora des 19.
— See, Wasserblüten im 156.
Plumaria elegans 292.*
Podetien 453.
Podolampas 100.
Podosphaera tridactyla 415.
Polierschiefer 184.
Polyedrium 237. 246.
— tetragonum 232.*
Polyides rotundus 292.*
Polymastix 89.
Polymorphie 231.
Polyphagus Euglenae 29.* 321.
Polyphemus oculus 37.*
Polyporaceae 378. 434.
Polyporus betulinus 432.
— confluens 379.
— destructor 436.
— sulfureus 432.
— vaporarius 314. 433. 435.
— versicolor 433.*
Polysiphonia 301.
— insidiosa 297.*
— nigrescens 293.
— subulata 297.*
Polysphondylium violaceum 324.
Polytoma 249.
— Uvella 258.*
Polytrichum 487.*
— commune 477.*
— gracile 488.
— juniperinum 505.
—, Rollblatt 481.
— septentrionale 508.
Porenflechte 466.
Porphyra laciniata 293.
Postelsia palmaeformis 302.*
Poteriodendron 61. 87.
— petiolatum St. 63.
Pouchetia 98. 100.
Präbisposition stheorie 388.
Prasiola crispa 264.
Preissia 475. 494.
— commutata 491.* 493.*
Preßhefe 368.
Priestleysche Materie 74. 82.
Pringsheim 219. 247. 274. 284.
Prorozentrazeen 99.
Protisten, Definition der 50.
Protococcales 230.
Protoderma viride 231.
Protomastigonen 63.
Protomonaden 84.
Protonema 478.
Protophyte 457.
Protoplasma, Bau des 486.
Protospongia Haeckelii S. K. 87.*
Prototheca moriformis 346.*
Psalliota campestris 330.*
Pseudomonas 127.
— europaea 128. 135.
— macroselmis 111. 112.*
— putida 137.
— syncyanea 112.*
Pseudoparenchym 331.
Pseudopodien, Definition der 55.
Pteromonas 251.
Puccinia 391.
— Asparagi 419.
— coronata 392.
— coronifera 399.
— dispersa 392.
— glumarum 392.
— graminis 392. 393.* 395.*
— — Agrostis 392.
— — Airae 392.
— — Avenae 392.
— — Poae 392.
— — Secalis 392.
— Malvacearum 396.
— simplex 392.
— triticina 392.
Pulveraria 455.
Purpurbakterien 139.
—, Empfindlichkeit der 139.
—, Empfindung bei 140.
—, Schreckbewegung bei 140.
Purpurbakterium 119.
Pusulen 77.
Pykniden, Definition der 338.
Pyknosporen, Definition der 338.